Sciences à l'École

61, avenue de l'Observatoire
75014 Paris
01 40 51 20 48

.

Paris, le 5 novembre 2014

Préparation des Olympiades Internationales de Physique 2014-2015
Réunion de rentrée
Lundi 3 novembre 2014 – Observatoire de Paris

Présents : ANDRE Christophe, BILLY Nicolas, BONNOIT-CHEVALIER Claire, BOULEISTEIX Thierry, BRUNEL Christian, COURTEAUD Julien, DAUMONT Isabelle, DEVEAUX David, FUNES Gérard, GUILLON Cyril, LECAQUE Romain, LE FLOCH Véronique, LE RILLE Alain, LEGRAND David, MOREL Tom, NEHME Mehdi, OBERT Dominique, PIERRON-DEMOULIN Isabelle, ROCHON-PLATZ Claire, SAGET Guillaume, SCHLOSSER Nicolas.

La réunion est ouverte à 9h30 par D. OBERT. Il présente le déroulement et les objectifs de la réunion : la première partie est consacrée à la résolution de problèmes en CPGE et la seconde partie est centrée sur l'organisation pratique de la préparation française aux IPhOs pour cette année scolaire. Chaque participant est ensuite invité à se présenter.

Remarques :
-l'ensemble des présentations et documents de cette réunion est joint à ce compte-rendu.
-l'ordre du jour de la réunion est reproduit en annexe 1 de ce document.

Matinée : Résolution de problèmes

D. OBERT rappelle l'intérêt de la résolution de problèmes. Le document ressource « résoudre un problème de physique-chimie dès la seconde » élaboré par le groupe de recherche et d'innovation pour l'enseignement des sciences physiques (GRIESP) a été envoyé aux participants à la réunion, en amont de celle-ci. Quelques points ont été soulignés :

- La résolution de problèmes a été introduite dans le programme de spécialité de la classe de terminale S en 2012. D'après l'OCDE, on constate ces dernières décennies une forte augmentation des emplois requérant de solides compétences en résolution de problèmes, ces compétences devront être construites dans les écoles de demain.
- Dans le cadre de l'enseignement des sciences-physiques, l'utilisation d'un ensemble de connaissances disciplinaires est aussi recherchée. La résolution de problèmes s'apparente cependant bien à une tâche complexe, c'est-à-dire une tâche qui amène l'élève à utiliser, en les articulant, des ressources internes (culture, capacités, connaissances, etc.) et externes (documents, aides méthodologiques, protocoles, notices, recherches sur Internet, etc.).
- Au cours de l'année, il convient de construire une progression pour former les élèves à la résolution de problèmes.
- Dans le document fourni par le GRIESP, il existe souvent plusieurs variantes des résolutions de problèmes selon le degré d'expertise de l'élève. Ceci permet, d'une part de structurer une progression, et d'autre part d'initier une différentiation pédagogique.
- L'évaluation des activités par compétences est pertinente, elle contribue à soutenir efficacement la formation.

A. LE RILLE et N. SCHLOSSER, professeurs en classe préparatoire et membres du GRIESP, présentent à la fois des résolutions de problèmes contenues dans le rapport rédigé par le GRIESP qu'il est possible d'adapter pour les destiner à des élèves de CPGE et d'autres qu'ils proposent à leurs élèves. Le cadre pour proposer une résolution de problèmes aux élèves est discuté par les participants à la réunion :

1. lors des interrogations orales : le professeur peut aisément suivre la progression de l'élève dans sa démarche de résolution ;
2. lors d'une séance de travaux dirigés : il est suggéré de procéder à une différenciation des tâches proposées aux élèves ;
3. en devoir à la maison : cela permet de laisser davantage de temps de réflexion ;
4. en devoir surveillé : la difficulté, le poids et la place de ce type de tâches doivent être bien maitrisés et une réflexion engagée sur la problématique de l'évaluation par compétences ;
5. en travaux pratiques : les élèves peuvent être conduits à rechercher un protocole expérimental, ce qui peut s'apparenter à une résolution de problèmes comportant une dimension expérimentale.

L'évaluation d'une épreuve de concours comprenant une résolution de problèmes est débattue. Les participants suggèrent que l'énoncé comme le barème doivent inciter les élèves à s'engager pleinement sur ce type de tâches.

Après-midi : Organisation pratique de la préparation française aux IPhOs

C. BONNOIT-CHEVALIER présente le déroulement et les épreuves des IPhOs de 2014. Les dispositifs expérimentaux utilisés au cours des épreuves sont présentés. Les sujets des épreuves sont sur le site internet de Sciences à l'Ecole : http://www.sciencesalecole.org/olympiades-internationales/ipho/ipho-concours-international/annales
N. BILLY rappelle que le concours général est une épreuve de physique-chimie de 5 heures à laquelle 1800 élèves participent chaque année. Depuis quelques années, des parties sont sous forme de résolution de problèmes, c'est-à-dire avec peu d'indications et sansétapes intermédiaires. Seulement 18 élèves sont récompensés et informés de leur classement (3 prix, 5 accessits, 10 mentions). Dans les années 80, le concours général et les Olympiades Internationales de Physique étaient couplés. A l'heure actuelle, les résultats du concours général sont connus trop tardivement pour que les élèves puissent se rendre aux IPhOs la même année.

C. BONNOIT-CHEVALIER présente le calendrier de l'année :

- **25 mars 2015** : épreuve de sélection écrite (date commune aux IChOs).
- **10 avril 2015 environ** : publication des résultats, désignation des élèves admis au stage expérimental.
- **Semaine du 4 mai 2015** : stage expérimental à l'ENS à Cachan et à Montrouge (il s'agit là d'une proposition, devant être confirmée par les deux ENS).
- **8 mai 2015** : épreuve pratique et désignation des 5 élèves qui représenteront la France aux Olympiades en 2014.
- **5 – 12 juillet 2015** : compétition internationale à Mumbai (Inde) précédée d'un court stage de préparation.

Epreuve écrite de sélection

D. OBERT anime les discussions autour du syllabus de l'épreuve écrite nationale de sélection pour les élèves de CPGE. Un syllabus devrait être publié courant novembre pour les élèves de Terminale S et une épreuve de sélection propre aux élèves de Terminale devrait être proposée cette année.

Le contenu de l'épreuve : celle-ci durera 4h comme l'année dernière. Le contenu de l'épreuve sera le suivant :

- **un QCM** : format inchangé, 20 questions correspondant à une durée d'une heure de composition. Cette partie doit être accessible à tous les préparationnaires des Olympiades et encourager les élèves.

- **2 ou 3 exercices**, correspondant à une heure de composition
- **un problème** :
  - un premier volet classique (type I).
  - un deuxième volet comportant une « résolution de problèmes » (type II).

  Chacun de ces volets devant correspondre à une heure de composition.

Le Syllabus de l'épreuve écrite de sélection pour les élèves de CPGE

En raison des changements du syllabus international cette année, des modifications sont apportées.

Les éléments du syllabus sur lesquels portera le test du comité français des IPhOs, en mars 2014, sont indiqués en bleu.
Souligné : ce qui n'est pas au programme de PCSI

Pour les centres de préparation destinés à des élèves de CPGE, il est suggéré d'organiser les séances suivantes :

- Mécanique (2*2h)
- Hydrodynamique (2*2h)
- Oscillateurs couplés (2h)
- Ondes (2h)
- Interférence et diffraction (2h)
- Relativité – effet Doppler (2*2h)
- Physique quantique (2h)
- Physique statistique (2h)

La réunion s'achève à 17h.

Pour le comité français des IPhOs
Dominique OBERT, président

Pour « Sciences à l'Ecole »
Claire BONNOIT-CHEVALIER

Annexe 1 Ordre du jour

Salle de l'atelier, Observatoire de Paris

- **9h30 – 12h30 : La résolution de problèmes en CPGE**
    - 9h30 - 10h : Accueil et présentation de la journée, par Dominique Obert (IGEN)
    - 10h -12h30 : Former à la résolution de problèmes par Alain Le Rille et Nicolas Schlosser (enseignants en CPGE)
- **14h00 – 17h30 : Organisation pratique de la préparation française aux IPhOs pour l'année 2014-2015**
    - Epreuves et résultats 2014, Calendrier 2014-2015, par Claire Bonnoit-Chevalier (cellule SAE)
    - Concours général, par Nicolas Billy (IGEN)
    - Définition du syllabus pour la sélection française 2015, animé par Dominique Obert (IGEN)
    - Conclusions

ANNEXE 2

Syllabus de la préparation aux IPhOs France
Année 2014-2015 (basé sur une traduction du syllabus officiel voté en juillet 2014)

Mode d'emploi :
Ce syllabus est construit à partir du syllabus international des IPhOs (dont il est la simple traduction). Les éléments du syllabus sur lesquels portera le test du comité français des IPhOs, en mars 2015, sont indiqués :

- en bleu pour les élèves de CPGE
- ce qui est souligné ne fait pas partie (ou au second semestre) des programmes de PCSI (programme de référence).

Introduction.

1.1 But de ce syllabus

Ce programme présente les thématiques qui sont exigibles lors des épreuves des IPhOs. Le niveau attendu pour chaque thème est à trouver dans les questions précédemment posées lors des compétitions précédentes.

1.2 Nature des problèmes

Les problèmes doivent se concentrer sur la créativité et la compréhension de phénomènes physiques, plutôt que de tester une virtuosité en mathématiques ou une célérité pour composer. La proportion des points attribués pour des manipulations mathématiques doit rester faible. Dans le cas de développements mathématiques complexes, des solutions approchées devraient recevoir une partie des points. Les énoncés des problèmes doivent être concis ; chacune des épreuves (théorique et expérimentale) doit contenir moins de 12 000 caractères (les espaces sont inclus, mais les pages de couverture et feuilles de réponses sont exclues).

1.3 Exceptions

Les questions peuvent contenir des concepts et des phénomènes non mentionnés dans ce programme, à condition que suffisamment d'informations soient données dans l'énoncé du problème. Les étudiants sans connaissance préalable de ces sujets ne doivent pas être notablement désavantagés. Ces nouveaux concepts doivent être étroitement liés aux sujets abordés dans le syllabus et donc être inclus dans l'une des thématiques de ce syllabus.

1.4 Unités

Les valeurs numériques doivent être données en utilisant les unités du système international (SI), ou des unités dont l'usage est officiellement accepté avec le SI.
Il est supposé que les participants sont familiers avec les phénomènes, les concepts et les méthodes énumérées ci-dessous et sont capables d'appliquer leurs connaissances de manière créative.

Partie théorique.

1 Général

La capacité à faire des approximations appropriées, en modélisant des problèmes de la vie quotidienne.

2 Mécanique

2.1 Cinématique

Vitesse et accélération d'une particule ponctuelle vues comme les dérivées du vecteur déplacement. Vitesse linéaire ; accélération radiale et tangentielle. Mouvement d'une particule ponctuelle soumise à une accélération constante. Sommation de vitesses et de vitesses angulaires ; sommation d'accélérations sans le terme de Coriolis ; identifier dans quels cas le terme de Coriolis est nul. Déplacement d'un corps solide fixe autour d'un centre instantané de rotation ; vitesse et accélération des points matériels d'un corps solide en rotation.

2.2 Statique

Trouver le centre de masse d'un système par une sommation ou une intégration. Conditions d'équilibre : équilibre des forces (vectoriel ou par projections), équilibre des couples (seulement dans une géométrie à 1D ou à 2D). Réaction du support, force de tension, force de frottement statique et dynamique ; loi de Hooke, contrainte, déformation, module d'Young. Equilibre stable ou instable.

2.3 Dynamique

Seconde loi de Newton (sous forme vectorielle ou projetée) ; Energie cinétique en translation ou en rotation. Energie potentielle pour des champs de force simples (par intégration d'un champ de force). Quantité de mouvement, moment cinétique, énergie et leurs lois de conservation. Notion de travail et de puissance ; dissipation par frottement. Référentiels Galiléens ou non : force d'inertie, force centrifuge, énergie potentielle dans un référentiel en rotation. Moment d'inertie d'objets simples (anneau, disque, sphère, sphère creuse, tige), théorème de Huygens ; calcul d'un moment d'inertie par intégration.

2.4 Mécanique céleste

Loi de la gravité, potentiel gravitationnel, lois de Kepler (connaitre la démonstration pour la première et la troisième loi de Kepler). Energie d'un point matériel sur une orbite elliptique.

2.5 Hydrodynamique

Pression, poussée d'Archimède, équation de continuité (conservation du débit), équation de Bernoulli. Tension de surface et énergie associée, pression capillaire.

3 Champs électromagnétiques

3.1 Concepts de base

Notion de charge et de courant ; conservation de la charge et lois de Kirchhoff pour le courant. Force de Coulomb ; champ électrostatique comme un champ de potentiel ; loi des mailles. Champ magnétique ; force de Lorentz ; force de Laplace ; loi de Biot et Savart, champ magnétique dans le cas d'une boucle circulaire de courant et pour des géométries simples comme un fil rectiligne, une boucle circulaire ou un solénoïde.

3.2 Forme intégrale des équations de Maxwell

Théorème de Gauss (pour les champs E et B) ; Théorème d'Ampère ; Loi de Faraday ; utilisation de ces lois pour le calcul des champs quand la fonction à intégrer est constante par morceaux. Conditions aux limites pour le champ électrique (ou le potentiel électrostatique) à la surface des conducteurs et à l'infini ; concept de conducteurs mis à la masse. Principe de superposition pour les champs électrique et magnétique ; unicité de la solution avec les conditions aux limites ; méthode des charges images.

3.3 Interaction avec la matière des champs électrique et magnétique

Résistance et conductivité ; loi d'Ohm locale. Perméabilité diélectrique et magnétique ; permittivité relative et perméabilité de matériaux électriques et magnétiques ; densité d'énergie électrique et magnétique ; matériaux ferromagnétiques ; hystérésis et dissipation ; courants de Foucault ; loi de Lenz. Densité surfacique de charge liée à la polarisation diélectrique (qualitatif) ; courant de surface liée à l'aimantation (qualitatif) ; conditions de continuité pour des champs à la surface de matériaux diélectriques ou ferromagnétiques. Charges dans un champ magnétique : mouvement hélicoïdal, fréquence cyclotron, mouvement pour un champ E et un champ B croisé. Energie d'un dipôle magnétique dans un champ magnétique ; moment dipolaire d'une boucle de courant.

3.4 Circuits

Résistance linéaire et loi d'Ohm ; loi de Joule ; travail d'une force électromotrice ; batteries idéales et non idéales, sources de courant constant, ampèremètres, voltmètres et ohmmètres. Caractéristique courant-tension d'éléments non linéaires. Condensateurs et capacité (y compris pour une unique électrode en considérant l'autre à l'infini) ; auto-induction et inductance, énergie de condensateurs et de bobines ; inductance mutuelle ; transformateur avec noyau ferromagnétique fermé ; constantes de temps pour circuit RL et RC. Circuits en courant alternatif : amplitude complexe ; Impédance électrique de résistances, bobines, condensateurs et leurs combinaisons ; diagramme de phase ; résonance en courant et en tension ; puissance active.

4 Oscillations et Ondes

4.1 Oscillateur simple

Oscillateur harmonique : équation du mouvement, fréquence, pulsation angulaire et période. Pendule réel et sa longueur équivalente. Comportement au voisinage d'un équilibre instable. Décroissance exponentielle d'oscillations amorties ; résonance d'oscillateurs sinusoïdaux forcés : amplitude et déphasage d'oscillations en régime permanent. Oscillations libres dans un circuit LC ; analogie électrique/mécanique ; boucle de rétroaction comme source d'instabilité ; génération d'oscillations auto entretenues dans un résonateur LC.

4.2 Oscillateurs couplés

Oscillateurs harmoniques couplés à plusieurs degrés de liberté : équation du mouvement, fréquences propres, modes propres, interprétation physique des fréquences nulles, oscillations libres comme la superposition de modes propres.

4.3 Ondes

Propagation d'ondes harmoniques : expression de la phase comme une fonction linéaire de la position et du temps ; longueur d'onde, vecteur d'onde, vitesse de groupe et de phase ; décroissance exponentielle pour des ondes se propageant dans un milieu dissipatif ; ondes transverses et longitudinales ; effet Doppler classique. Ondes dans un milieu non-homogène : principe de Fermat, lois de Snell-Descartes. Onde sonore : vitesse en fonction de la pression (module d'Young) et de la densité volumique, cône de Mach. Vitesse de propagation d'une onde sur une corde et ondes de gravité en eau peu profonde. Energie portée par les ondes : proportionnalité avec le carré de l'amplitude, continuité du flux d'énergie.

4.4 Interférence et diffraction

Superposition des ondes : cohérence, battements, ondes stationnaires, principe d'Huygens (forme intégrale de l'amplitude dans la condition des petits angles), interférences dans le cas des films minces (conditions pour des maxima et des minima d'intensité seulement). Diffraction par une ou deux fentes, réseau de diffraction, loi de Bragg.

4.5 Interaction d'ondes électromagnétiques avec la matière

Dépendance de la permittivité électrique avec la fréquence (aspect qualitatif) ; indice de réfraction ; dispersion et dissipation d'ondes électromagnétiques dans des milieux transparents ou opaques. Polarisation linéaire ; angle de Brewster ; polariseurs ; lois de Malus. Polarisation circulaire ou elliptique comme une superposition d'ondes polarisées linéairement. Biréfringence (seulement pour une propagation rectiligne), lame quart d'onde, polariseurs circulaires. Pouvoir rotatif sur la polarisation dans un milieu optiquement actif.

4.6 Optique géométrique et photométrie

Approximation de l'optique géométrique : rayons et images optiques ; cône d'ombre et de pénombre. Approximations des lentilles minces ; construction d'images créées par des lentilles minces idéales ; formules de conjugaison. Flux lumineux et sa continuité ; éclairement ; intensité lumineuse.

4.7 Appareils optiques

Télescope et Microscopes : grossissement et pouvoir de résolution ; réseau de diffraction et son pouvoir de résolution ; interféromètres.

5 Relativité

Principe de relativité et transformations de Lorentz pour les coordonnées spatiales et temporelles et pour l'énergie et l'impulsion ; équivalence masse-énergie ; invariance d'un intervalle dans l'espace-temps et de la masse au repos. Addition de vitesses parallèles, dilatation du temps, contraction des longueurs ; relativité de simultanéité ; énergie et impulsion de photons et effet Doppler relativiste ; équation relativiste du mouvement ; conservation de l'énergie et de l'impulsion pour des interactions élastiques et non élastiques de particules.

6 Physique quantique

6.1 Densité de probabilité

Particules comme des ondes : relation entre fréquence et énergie et entre quantité de mouvement et vecteur d'onde ; fonction d'onde probabiliste ; niveau d'énergie pour des atomes semblables à l'hydrogène (orbites circulaires uniquement) et potentiels paraboliques ; quantification du moment cinétique. Principe d'incertitude pour l'énergie et le temps, et pour l'espace et la quantité de mouvement (comme un théorème et comme un outil d'estimation).

6.2 Structure de la matière

Spectre d'émission et d'absorption pour des atomes semblables à l'hydrogène et pour des molécules en raison des oscillations moléculaires ; largeur du spectre et temps de vie des états excités. Principe d'exclusion de Pauli pour des fermions (connaissance de la charge et du spin) : électrons, neutrinos, protons, neutrons, photons ; effet Compton. Protons et neutrons comme particules composites. Noyau atomique, niveaux d'énergie du noyau (qualitativement) ; émissions alpha, beta ou gamma ; fission, fusion et capture de neutron ; défaut de masse ; temps de demi-vie et décroissance exponentielle. Structures cristallines : plan d'un cristal (loi de Bragg), niveaux d'énergie électronique (qualitativement, métaux comparés aux matériaux diélectriques et semi-conducteurs) ; effet photoélectrique.

7 Thermodynamique et physique statistique

7.1 Thermodynamique classique

Concepts d'équilibre thermique et de transformations réversibles ; énergie interne, travail et chaleur ; échelle de température de Kelvin ; entropie, systèmes ouverts, fermés, isolés ; première et seconde loi de la thermodynamique. Théorie cinétique des gaz parfaits : nombre d'Avogadro, facteur de Boltzmann et constante des gaz parfaits ; mouvement de translation des molécules et pression ; loi des gaz parfaits ; degrés de liberté de translation, rotation et oscillation ; théorème d'équipartition ; énergie interne de gaz parfaits ; vitesse quadratique des molécules ; Transformations isothermes, isobares, isochores et adiabatiques ; chaleur spécifique aux transformations isobares et isochores ; cycle de Carnot en sens direct et indirect pour un gaz parfait et rendement ; rendement pour des machines thermiques réelles.

7.2 Transfert de chaleur et transition de phase

Transition de phase (évaporation, ébullition, fusion et sublimation) et chaleur latente ; pression de vapeur saturante, humidité relative ; ébullition ; loi de Dalton ; notion de conductivité de la chaleur, continuité du flux de chaleur.

7.3 Physique statistique

Loi de Planck (explication qualitative, pas besoin de connaitre la formule), loi de Wien ; loi de Stefan-Boltzmann

Partie expérimentale.

1 Introduction

Les connaissances théoriques requises pour l'épreuve expérimentale sont décrites dans le paragraphe « Partie théorique » de ce syllabus.
Les problèmes expérimentaux doivent toujours contenir quelques tâches pour lesquelles la procédure expérimentale (montage expérimental, liste des mesures directes et formules à utiliser pour les calculs) n'est pas décrite en détail.
Les problèmes expérimentaux peuvent contenir implicitement des tâches théoriques (utilisation des formules nécessaires pour mener les calculs) ; il ne doit pas y avoir de tâche théorique explicite, sauf si celles-ci testent la compréhension des principes de fonctionnement du dispositif expérimental donné ou de la physique des phénomènes étudiés. Il ne doit également pas y avoir de longs développements mathématiques.
Le nombre attendu de mesures directes et le volume des calculs numériques doit être tel que la majeure partie du temps alloué teste la créativité expérimentale, plutôt que la rapidité avec laquelle les étudiants peuvent effectuer des tâches techniques.
Les étudiants doivent acquérir les compétences suivantes.

2 Sécurité

Connaître les règles de sécurité standard de travail en laboratoire. Néanmoins, si le dispositif expérimental comporte des risques de sécurité, des mises en garde appropriées doivent être incluses dans l'énoncé. Les expériences avec des risques majeurs de sécurité seront proscrites.

3 Techniques de mesure expérimentales

Être familier avec les techniques expérimentales les plus courantes de mesures de grandeurs physiques mentionnées dans la partie théorique.
Connaitre les instruments de laboratoire simples couramment utilisés, leurs versions numériques et analogiques le cas échéant, tels que les pieds à coulisse, verniers, chronomètres, thermomètres, multimètres (y compris ohmmètres, voltmètres AC / DC et ampèremètres), potentiomètres, diodes, lentilles, prismes, bancs optiques optiques, calorimètres…

L'utilisation de matériel expérimental sophistiqué, susceptible de ne pas être familier des étudiants ne devrait pas être le cœur du problème. Dans le cas d'équipements modérément sophistiqués (tels que des oscilloscopes, compteurs, générateurs de fonction et de signaux, photorécepteurs…), les instructions doivent être données aux étudiants.

4 Précision

Être conscient que les instruments peuvent affecter le résultat des expériences.
Être familier avec les techniques classiques pour augmenter la précision expérimentale (par exemple la mesure de nombreuses périodes au lieu d'une seule, réduction de l'influence du bruit…).
Être conscient que si la dépendance en fonction de paramètres d'une grandeur physique doit être déterminée, le nombre de points mesurés doit correspondre à l'échelle caractéristique locale de la dépendance de cette grandeur en fonction du paramètre.
Exprimer les résultats finaux et les incertitudes expérimentales avec un nombre raisonnable de chiffres significatifs et arrondir correctement.

5 Analyse des incertitudes expérimentales

Identification des sources d'erreurs dominantes et estimation raisonnable des incertitudes expérimentales de mesures directes (en utilisant les règles de la notice fournie, le cas échéant).
Distinguer les erreurs aléatoires et systématiques; être en mesure d'estimer et de réduire cette dernière via des mesures répétées.
Trouver des incertitudes absolues et relatives d'une quantité déterminée expérimentalement à l'aide de toute méthode raisonnable (comme l'approximation linéaire, l'addition des modules ou la somme quadratique).

6 Analyse de données

Transformer une dépendance quelconque en une dépendance linéaire en choisissant des variables adaptées, ajuster les données expérimentales par une droite. Trouver les paramètres d'une régression linéaire (pente, ordonnée à l'origine et estimation des incertitudes) soit graphiquement, soit en utilisant les statistiques de la calculatrice (toute autre méthode est également acceptable).
Choisir l'échelle de représentation adaptée pour le graphique et tracer les données avec des barres d'erreur.

Mathématiques.

1 Algèbre

Simplifier les formules en les factorisant ou en les développant. Résoudre des systèmes d'équations linéaires. Résoudre des équations et systèmes d'équations menant à des équations du second degré ; choir les solutions physiquement acceptables. Sommer les termes d'une série arithmétique ou géométrique.

2 Fonctions

Propriétés élémentaires de fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses, exponentielles, logarithmiques et polynomiales. Les fonctions trigonométriques avec des sommes d'angle sont à connaître. Résoudre des équations simples impliquant des fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses, des fonctions exponentielles et logarithmes.

3 Géométrie

Degrés et en radians pour mesurer les angles. L'égalité des angles alternes/internes et des angles correspondants. Reconnaissance des triangles semblables. Calcul d'aires de triangles, trapèzes, cercles, ellipses, sphères, cylindres, cônes ; volumes de sphères, cônes, cylindres et prismes. Règles de trigonométrie (sinus et cosinus), propriété des angles inscrits et au centre, théorème de Thales.

4 Vecteurs

Propriétés élémentaires des sommes vectorielles, produit scalaire et vectoriel. Produit scalaire double et produit scalaire triple. Interprétation géométrique de la dérivée temporelle d'un vecteur.

5 Nombres complexes

Somme, multiplication et division de nombres complexes ; séparation de la partie imaginaire et réelle. Maîtrise des représentations algébriques, trigonométriques et exponentielles d'un nombre complexe. Racine d'une équation du second degré complexe et interprétation physique.

6 Statistiques

Calcul de probabilités comme le quotient du nombre d'évènements réalisés sur le nombre d'évènements possibles. Calcul de la valeur moyenne, écart type et estimateur de l'écart type.

7 Calculs

Trouver les dérivées de fonctions élémentaires, leurs sommes, produits, quotients et utiliser les fonctions composées. Intégration comme l'inverse de la dérivation. Intégrer dans des cas simples avec ou sans borne d'intégration : fonctions élémentaires, sommes de fonctions, utiliser les règles de changement de variable pour des dépendances linéaires. Rendre les bornes de l'intégrale sans dimension par changement de variable. Interprétation géométrique de la dérivée et de l'intégrale. Résoudre des équations différentielles linéaires simples par une méthode de séparation des variables. Résoudre des équations différentielles du premier ordre et du second ordre à coefficient constant. Trouver des constantes d'intégration en utilisant les conditions initiales. Concept du vecteur gradient (le formalisme des dérivées partielles n'est pas requis).

8 Approximation et méthodes numériques

Utiliser les approximations linéaires et polynomiales basées sur des développements en série de Taylor. Linéariser des équations et des expressions mathématiques. Méthode de perturbation : calculer les corrections faites sur des solutions sans perturbation. Trouver des approximations numériques de solutions pour des équations en utilisant des méthodes telles que celle de Newton ou la dichotomie. Intégration numérique par une méthode trapézoïdale et de sommation de rectangles.

Résolutions de problèmes en CPGE

- Modèle idéal de départ
- Exemples de résolutions de problèmes de plusieurs niveaux (du plus simple au plus ouvert)
- Un même problème à deux niveaux différents (1ère S et CPGE)
- Exemple d'expérimentation en devoir sur table et travail préparatoire.
- Quelques réflexions et pistes de discussion

La résolution de problème

Quelques exemples : **le modèle parfait**

Combien de ballons pour soulever un homme ?

Quelle est la masse volumique de cette pastèque ?

La résolution de problème

Quelques exemples – les variantes plus simples

La ville de Genève est très fière de son célèbre jet d'eau. Sur les brochures touristiques de la ville, on peut trouver les informations suivantes :

- Vitesse d'éjection : 200 km/h
- Débit : 500 L/s
- Puissance des pompes : 1 MW
- ~~Puissance de l'éclairage : 9 kW~~

A l'aide de ces données, saurez-vous retrouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet ?

conservation de l'énergie, on convertit les km/h en m/s et on trouve $\frac{1}{2}\delta m v^2 = \delta m g h$

$$h = \frac{v^2}{2g} = 150 \text{ m}$$

Attention à l'analyse dimensionnelle pure !
Comparaison de l'ordre de grandeur à la photo.
(ou sur les données trouvées sur internet)

La résolution de problème

Quelques exemples – les variantes plus simples

La ville de Genève est très fière de son célèbre jet d'eau. Sur les brochures touristiques de la ville, on peut trouver les informations suivantes :

- Débit : 500 L/s
- Puissance des pompes : 1 MW
- ~~Puissance de l'éclairage : 9 kW~~

A l'aide de ces données, saurez-vous retrouver l'ordre de grandeur de la hauteur du jet ?

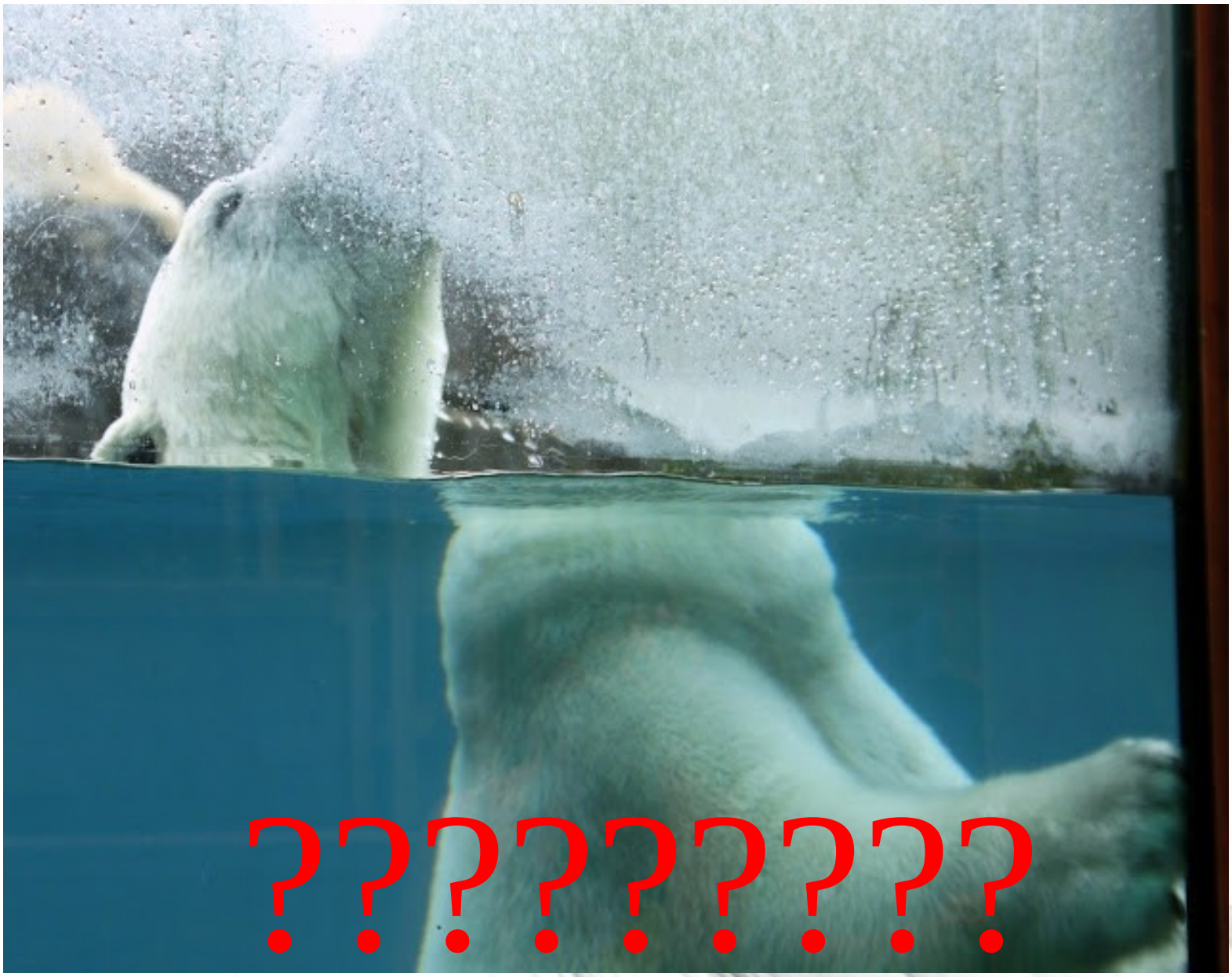
Pendant dt, la puissance des pompes est utilisée pour amener la masse δm à une hauteur h. Donc :

$$Pdt = \delta mgh = \rho Ddtgh \qquad \text{Soit :} \qquad h = \frac{P}{\rho Dg} = 200 \text{ m}$$

En plus de g, il faut la masse volumique de l'eau.

La résolution de problème

Quelques exemples – Variante ouverte



Les travaux du GRIESP :

Résolution de problèmes dès la seconde

La résolution de problème

La cascade – Version 1ère S

Le doc. 1 présente la photographie de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone (haute de 94m). La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite du doc. 2. On dispose d'une modélisation de l'appareil photographique (doc. 3).

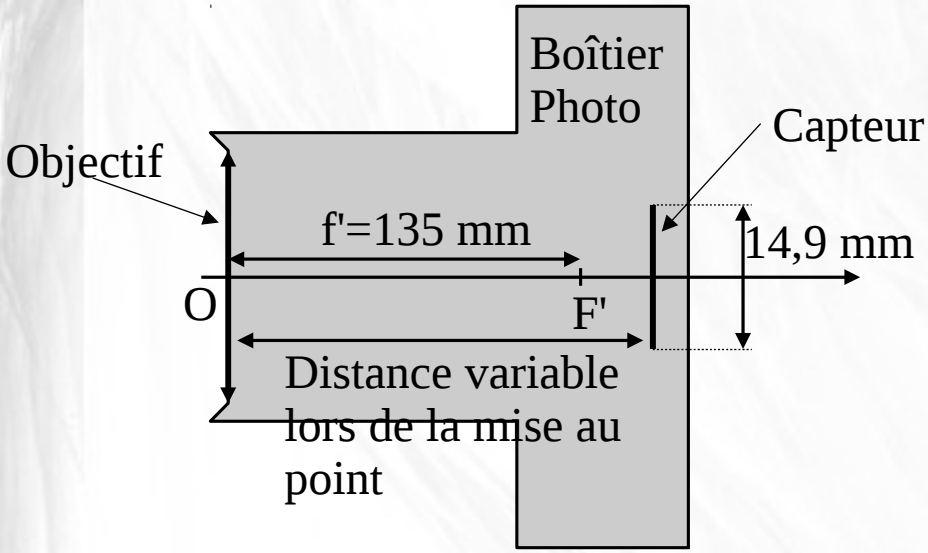
Doc 1 – Photographie de la cascade

Doc 2 - Vue satellite de la position du photographe

La résolution de problème

La cascade – Version 1ère S

Le doc. 1 présente la photographie de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone (haute de 94m). La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite du doc. 2. On dispose d'une modélisation de l'appareil photographique (doc. 3).



Question version « confirmé » :
Estimer, grâce aux documents, la hauteur de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone.

Question version « initiation » :
En faisant un schéma où apparaîtront la cascade, l'objectif et le capteur et en appliquant les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente, estimer, grâce aux documents, la hauteur de la cascade inférieure du parc national de Yellowstone.

La résolution de problème

La cascade – Version 1ère S

- Version confirmée testée en classe de 1ère S
- En demi-classe (15 élèves), en fin d'année.
- Séance de 1h30 de type TD
- Les élèves commencent à réfléchir en binômes au problème (15 minutes).
- Certains élèves passent au tableau – Discussion et construction progressive de la solution
- La situation ressemble beaucoup à une « colle dirigée » où les élèves jouent aussi bien le rôle de « colleur » que de « collé ».
- Mise en évidence concrète de la notion complexe d' « objet à l'infini »
- Conclusion – Bilan par le professeur.
- Complément possible : la profondeur du pont

Résolution de problèmes en CPGE

La résolution de problème

La cascade – Version CPGE

Quelle est la hauteur de la chute d'eau qui apparaît sur la photographie ci-dessous ?
On dispose des caractéristiques techniques de l'appareil photographique et de l'objectif utilisé ainsi que des réglages de l'appareil lors de la prise de vue. La position du photographe est repérée par une croix sur la vue satellite ci-dessous.

La résolution de problème

La cascade – Version CPGE

Réglages de l'appareil :
Ouverture : f/9,0
Durée d'exposition : 1⁄100 sec
Distance focale : 135 mm

Caractéristiques techniques : Appareil Canon EOS 550D

Type et Taille du capteur	Cmos APS-C 22,3 x 14,9 mm
Nombre de pixels effectifs	Environ 18,0 millions
Nombre total de pixels	Environ 18,7 millions
Ratio de format	3:2

Caractéristiques : Objectif Canon EF-S 18-135mm f/3.5-5.6 IS

Image size	APS-C
35mm film equivalent focal length	29-216
Angle de champ (horizontal)	64° 30' - 9° 30'
Construction de l'objectif (éléments/groupes)	16/12
Nombre de lamelles du diaphragme	6
Ouverture minimale	22 - 38 (36)[1]

La résolution de problème

Dans quel cadre ?

Interrogations orales (colles) :

- « Historique » (les oraux des ENS, de l'X)
- Cadre privilégié : interaction forte élève/interrogateur.
- Adaptation de l'aide à l'autonomie de l'élève

Travaux Dirigés :

- Bénéfice du travail collectif (échanges entre élèves)
- ...mais tous ne vont pas au même rythme.

Devoir en temps libre (ou devoir maison) :

- Faire cohabiter autonomie et travail en équipe
- Laisser le temps pour la maturation

Devoir sur table (ou devoir surveillé) :

- Autonomie complète...
- Permet une évaluation de l'autonomie de l'élève
- ...Mais pas de bouée de sauvetage.

La résolution de problème

Résolution de problème en autonomie complète

S'il est facile de transporter sans le renverser un verre de jus de fruit de la cuisine à la salle à manger, il est plus délicat de faire de même avec une assiette de soupe.

En appuyant votre raisonnement sur un calcul de deux ordres de grandeurs, expliquer pourquoi il en est ainsi.

On attend une démarche scientifique

Problème « partiellement ouvert »

La résolution de problème

Résolution de problème en autonomie complète

S'il est facile de transporter sans le renverser un verre de jus de fruit de la cuisine à la salle à manger, il est plus délicat de faire de même avec une assiette de soupe.

En estimant l'ordre de grandeur des fréquences d'oscillations des liquides dans chaque récipient, expliquer pourquoi il en est ainsi.

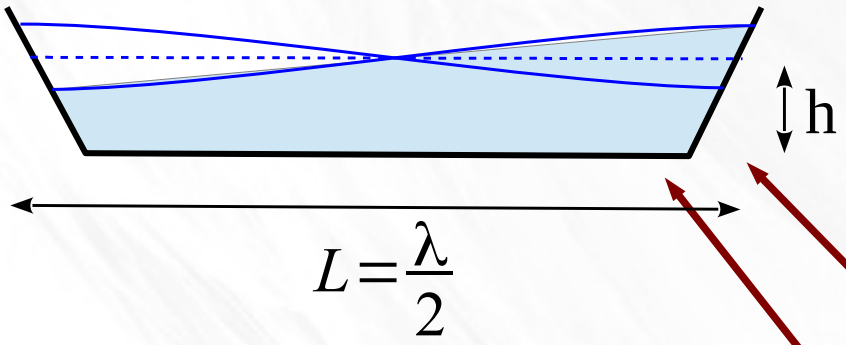
Version moins ouverte, plus directive...

La résolution de problème

Une réponse possible – Formation

Étape n°1 : Modélisation du problème

- Récipient = cavité pour onde stationnaire
- Ventres aux deux extrémités
- Passage à une vision 1D (corde de Melde)
- Excitation par les secousses imposées par la marche



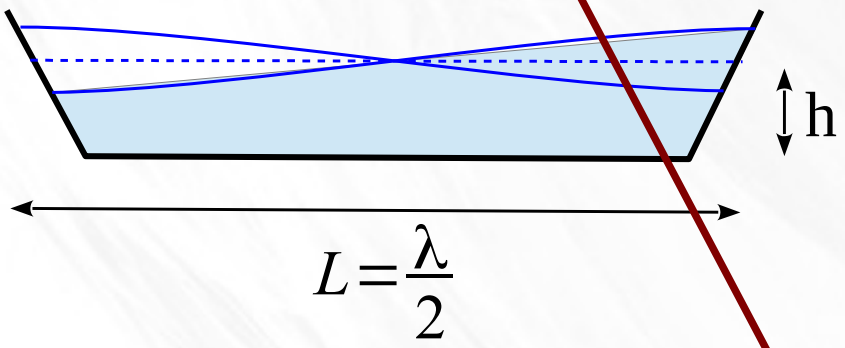
S'approprier le problème.	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées. Relier le problème à une situation modèle connue. ….

La résolution de problème

Une réponse possible – Formation

Étape n°1 : Modélisation du problème

- Récipient = cavité pour onde stationnaire
- Ventres aux deux extrémités
- Passage à une vision 1D (corde de Melde)
- Excitation par les secousses imposées par la marche



Difficile de séparer
Analyse et Appropriation

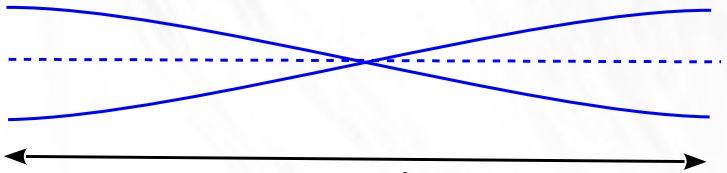
Établir une stratégie de résolution (analyser).	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée. Expliciter la modélisation choisie (définition du système, …). Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. …

La résolution de problème

Une réponse possible – Formation

Étape n°2 : Résolution

- Recherche de la fréquence propre fondamentale
- Collecte des valeurs numériques (L, C … ?)
- Stratégie de contournement (analyse dimensionnelle)
- Collecte des valeurs numériques



$$L = \frac{\lambda}{2}$$

$$L = n\frac{\lambda_n}{2} = n\frac{C}{2f_n} \qquad f_n = n\frac{C}{2L}$$

Il manque l'expression de C (analyse dimensionnelle) : $C = \sqrt{gh}$

$$f_1 = \frac{\sqrt{gh}}{2L}$$

$g = 10\ m.s^{-2}$

$f_{marche} = 1\ Hz$

Verre : L=5 cm h=6 cm

Soupe : L=15 cm h=1,5 cm

La résolution de problème

Une réponse possible – Formation

Étape n°2 : Résolution

- Recherche de la fréquence propre fondamentale
- Collecte des valeurs numériques (L, C … ?)
- Stratégie de contournement (analyse dimensionnelle)
- Collecte des valeurs numériques

S'approprier le problème.	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées. Relier le problème à une situation modèle connue.
Établir une stratégie de résolution (analyser).	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée. Expliciter la modélisation choisie (définition du système, …). Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser).	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Utiliser l'analyse dimensionnelle

La résolution de problème

Une réponse possible

Étape n°3 : Conclusion et analyse

- Comparaison des fréquences
- Fréquence de la soupe en résonance avec celle de la marche
- Le modèle valide l'observation expérimentale
- Commentaires

$f_{verre} \sim 8$ Hz

$f_{soupe} \sim 1$ Hz

Phénomène de résonance pour l'assiette de soupe.

Pour stabiliser, augmenter h et diminuer L

Le must de la stabilité !

La résolution de problème

Travail préparatoire

D'un côté :

- Difficile de lancer les élèves sans préparation.
- Les familiariser à la spécificité de cet exercice.

De l'autre :

- Les confronter à l'exercice leur montre les difficultés
- On peut dédramatiser (remédiation)

On peut préparer les élèves au fait que :

- les étapes de la résolution ne sont pas données
- les données utiles ne sont pas apportées de manière séquentielle et locale ; il peut y avoir des données manquantes (à travailler)

Activité expérimentale sur la corde de Melde

Exercice préparatoire (sans le dire …) (IphO sélection France 2005)

La résolution de problème

Travail préparatoire

EXERCICE : Seiche

Une seiche est une oscillation libre de l'eau, "d'avant en arrière", observable dans les ports, les lacs, ou tout bassin fermé de taille moyenne (ne pas confondre avec les vagues ordinaires).

- Quelles sont les causes possibles de la seiche, et ensuite, celles de son atténuation ?
- Élaborer un modèle simple de ce phénomène, en étudiant par exemple les oscillations dans un bassin rectangulaire. Estimer sa période en fonction des paramètres caractéristiques du bassin et des constantes physiques adéquates (une solution exacte n'est pas demandée).
- Comparer avec les données de la seiche du lac Léman : long de 60 km, profond de 150 m, période 76 min, amplitude 2 m.

Trop proche du problème de la soupe et du verre ?
Les élèves sont-ils assez préparés, trop préparés ?
Sauront-ils réinvestir cette préparation ?

La résolution de problème

Analyse des résultats de l'expérimentation

- Après la préparation, la modélisation sous formes d'ondes stationnaires est quasiment automatique.
- Calcul du rapport des fréquences fondamentales dans les deux cavités, … mais idée fausse : plus la fréquence est grande, plus il y a d'excitation, donc plus ça déborde …
- Certains n'osent pas choisir une valeur numérique, analyse purement littérale qui ne peut pas aboutir. (mentalité à changer)
- Effet d'un écart à l'horizontalité démultiplié par un L grand. C'est loin de l'idée initiale (pas dans « l'esprit de la personne qui pose le sujet » car « on est dans le chapitre sur les ondes »), mais c'est forcément un effet qui rentre en ligne de compte … donc à valoriser.
- Nécessité d'une analyse physique : l'analyse purement dimensionnelle ne peut pas marcher (deux distances caractéristiques)
- Que dire si on répond qu'on remplit moins un verre qu'une assiette ? C'est une première approche, qui demande à être précisée.

La résolution de problème

Analyse des résultats de l'expérimentation

Beaucoup arrivent jusqu'à l'avant dernière étape :

Détermination numérique des fréquences propres fondamentales

Personne n'arrive à conclure …

Pourquoi ? Que manque-t-il à la préparation ?

Hypothèse :

L'aspect excitation (ou résonance) du problème de la corde de Melde (ou de toute cavité) n'est pas du tout intuitif.

Les élèves savent ce qui se passe quand on excite la corde sur un mode propre, mais on n'insiste pas assez sur ce qui se passe si on excite à côté.

Mise en évidence de cette lacune est impossible sur un problème guidé.

Autonomie laissée à l'élève … Liberté de ne pas conclure s'il n'est pas intimement persuadé de la conclusion...

La résolution de problème

Analyse des résultats de l'expérimentation

Cas d'un problème classique :

Soit une assiette de largeur L=15 cm et de hauteur h … etc … On donne C...

1. Calculer numériquement les fréquences propres fondamentales pour le verre f_{verre} et l'assiette $f_{assiette}$.

2. Sachant que f_{marche} est de l'ordre de 1 Hz, conclure.

La majorité des élèves (qui connaît son cours) va conclure et valider le modèle …
… juste à cause de la coïncidence numérique $f_{marche} = f_{assiette} = 1$ Hz … sans vraiment savoir pourquoi.

On reste dans l'implicite.

La résolution de problème

Quelques pistes ...

- Résolutions de problèmes « moins ambitieuses » ou « à plusieurs niveaux »
- Même si l'activité projetée n'est pas « le modèle idéal de la résolution de problèmes »
- Faire appel à l'autonomie dans les problèmes classiques :
    - Ne pas donner toutes les valeurs numériques (g, R …),
    - Valoriser VRAIMENT les commentaires pertinents non demandés,
    - Valoriser VRAIMENT la reconnaissance d'une erreur

La résolution de problème

Compétences spécifiques – Difficultés rencontrées

Compétence	Exemples de capacités associées
S'approprier le problème.	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs physiques inconnues et non précisées. Relier le problème à une situation modèle connue. ….
Établir une stratégie de résolution (analyser).	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée. Expliciter la modélisation choisie (définition du système, …). Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. …..
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser).	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Utiliser l'analyse dimensionnelle …
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider).	S'assurer que l'on a répondu à la question posée. Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus. Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique, …). Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue.
Communiquer.	Présenter la solution ou la rédiger, en en expliquant le raisonnement et les résultats.

Un exemple de résolution de problème en CPGE

GRIESP

lundi 3 novembre 2014
réunion IPhO

Contexte

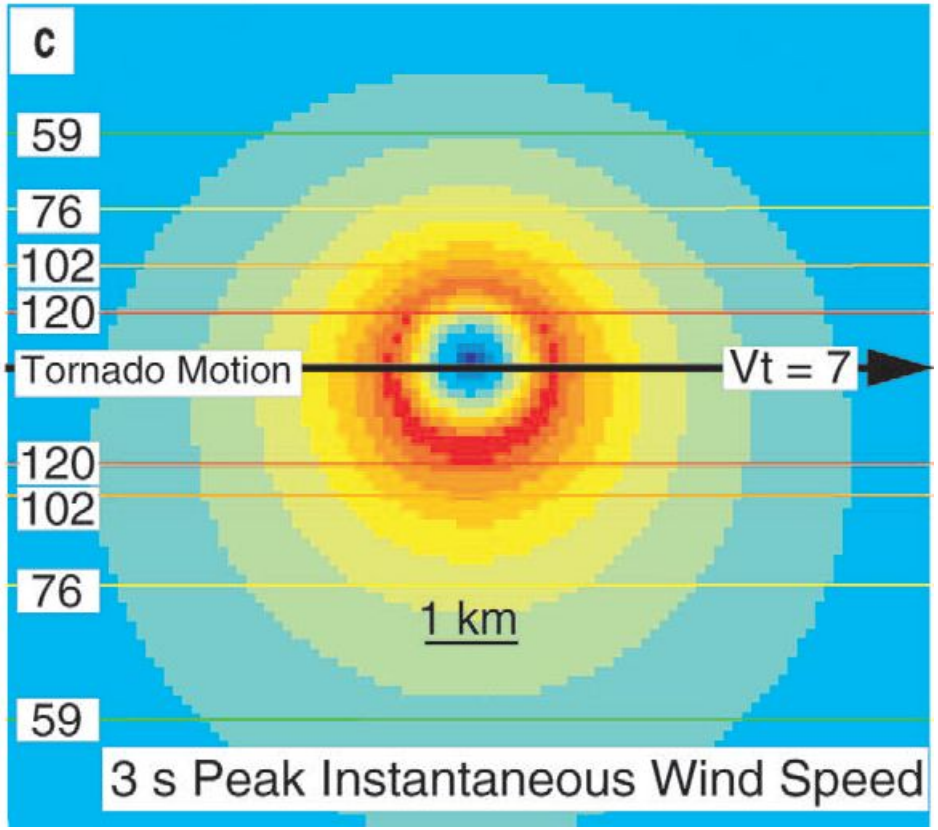
Classe de PC

Mardi : cours de 4h en classe entière sur la cinématique des fluides.

Jeudi : TD de 2h en classe entière : exercices.

Vendredi : TD de 1h en demi groupe : problème ouvert.

Enoncé



Extrait de l'article "LOW-LEVEL WINDS IN TORNADOES AND POTENTIAL CATASTROPHIC TORNADO IMPACTS IN URBAN AREAS" de J. WURMAN, C. ALEXANDER, P. ROBINSON et Y. RICHARDSON publié dans AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY JANUARY 2007 p. 31.

Vue du dessus de la vitesse instantanée du vent en échelle de couleur (bleu : vitesse nulle, rouge : vitesse maximale). Les vitesses maximales en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ sont relevées à gauche le long de l'axe horizontal correspondant. L'échelle correspondant à 1 km est indiquée sur le graphique. Le déplacement global de la tornade se fait de la gauche vers la droite sur le schéma à la vitesse $V_t = 7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Question

Montrer que le document est cohérent avec le modèle suivant :
en coordonnées cylindriques
– si $r < R$, $\overrightarrow{rot}\vec{v} = 2\vec{\Omega}$
– et si $r > R$, $\overrightarrow{rot}\vec{v} = \vec{0}$.
On déterminera numériquement le rayon R de la tornade et la norme Ω de son vecteur tourbillon.

Quelques situations

Souvenirs de passage entre les tables...

Situation 1

Un élève dessine des cercles concentriques.

Le prof : "c'est quoi ?"

L'élève : "c'est le schéma."

Le prof : "qu'est-ce qu'on y voit ?"

L'élève : "la vitesse en fonction de r"

Le prof : "Quelle vitesse ?"

L'élève : "Euh. La norme"

Autre élève : "En fait, c'est aussi des lignes de courant"

Situation 2

Un élève écrit : $\oint \vec{v}.\overrightarrow{d\ell} = \iint \overrightarrow{rot}\,(\vec{v})\,.\overrightarrow{d^2S}$.

Le prof : "Quel contour fermé allez-vous prendre pour appliquer la formule de Stokes ?"

L'élève : "Ben : un cercle !"

Situation 3

Un élève écrit : "$v = r\,\Omega$".

Le prof : "Ca sort d'où cette formule ?"

L'élève : "Ben, de votre cours de méca !"

Le prof : "Des fluides ?"

L'élève : "Ah, non. C'est pour un solide en rotation autour d'un axe fixe."

Un autre élève : "Mais, c'est vous qui avez montré dans le cours de méca flux que $\overrightarrow{rot}\,(\vec{v}) = 2\,\vec{\Omega}$ pour un solide en rotation autour d'un axe fixe..."

Le prof : "C'est vrai..."

Le premier élève : "On n'a qu'à assimiler le fluide à un solide alors..."

Situation 4

Un élève écrit : "$R \approx 4$ km".

Le prof : "Pourquoi vous avez pris cette valeur pour R ?"

L'élève : "Parce que à partir de cette distance, il n'y a plus trop de vent"

Le prof : "Pourquoi pas 2 ou bien encore 10 km ? Et comment vous allez trouver Ω ?"

Situation 5

Un élève recopie le formulaire :

$$\overrightarrow{rot}\left(\vec{A}\right) = \begin{pmatrix} \frac{1}{\mu_2.\mu_3}\left[\frac{\partial(\mu_3.A_3)}{\partial s_2} - \frac{\partial(\mu_2.A_2)}{\partial s_3}\right] \\ \frac{1}{\mu_3.\mu_1}\left[\frac{\partial(\mu_1.A_1)}{\partial s_3} - \frac{\partial(\mu_3.A_3)}{\partial s_1}\right] \\ \frac{1}{\mu_1.\mu_2}\left[\frac{\partial(\mu_2.A_2)}{\partial s_1} - \frac{\partial(\mu_1.A_1)}{\partial s_2}\right] \end{pmatrix}$$

Le prof : "Ca fait beaucoup de dérivées tout ça..."

L'élève : "Mais il y en a plein qui sont nulles car ça ne dépend que de r."

Un autre élève : "Et puis c'est seulement la composante suivant $\vec{e}_z$ qui compte."

Situation 6

Un élève n'a rien écrit.

Le prof : "Quel semble le repère adapté pour étudier le problème ?"

L'élève : "Polaire, avec le centre bleu foncé".

Le prof : "De quoi dépend la vitesse ?"

L'élève : "De r".

Le prof : "Comment varie-t-elle avec r ?"

L'élève dessine un graphe avec un pic.

Le prof : "On ne pourrait pas être plus précis ?"

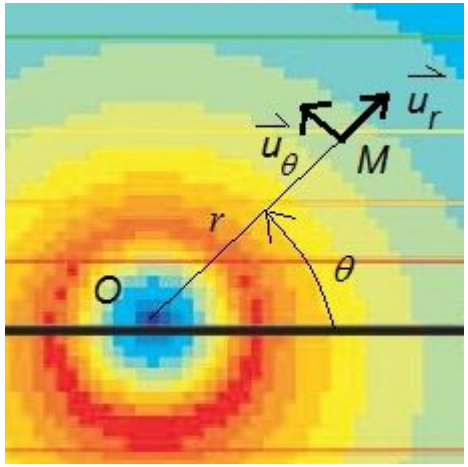
Analyse par compétence

Indicateurs de réussite à cette résolution de problème, compétence par compétence :

- S'approprier
- Analyser
- Réaliser
- Valider

S'approprier

– Faire un schéma modèle.



– Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole.

$$\vec{v} = v_\theta\,(r)\ \vec{u}_\theta$$

Analyser

– Expliciter la modélisation choisie.

$$\begin{cases} r < R \Rightarrow \overrightarrow{rot}\vec{v} = 2\vec{\Omega} \\ r > R \Rightarrow \overrightarrow{rot}\vec{v} = \vec{0} \end{cases}$$

– Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées.

$\overrightarrow{rot}\vec{v}$		$\overrightarrow{rot}\vec{v}$		modélisation
grâce au formulaire	ou	grâce à la formule de Stokes	ou	comme solide $\Rightarrow v = r\,\Omega$

Réaliser

- Savoir mener efficacement les calculs analytiques.

$$\begin{cases} r < R \Rightarrow v = r\,\Omega \\ r > R \Rightarrow v = \frac{cste}{r} \end{cases}$$

- Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

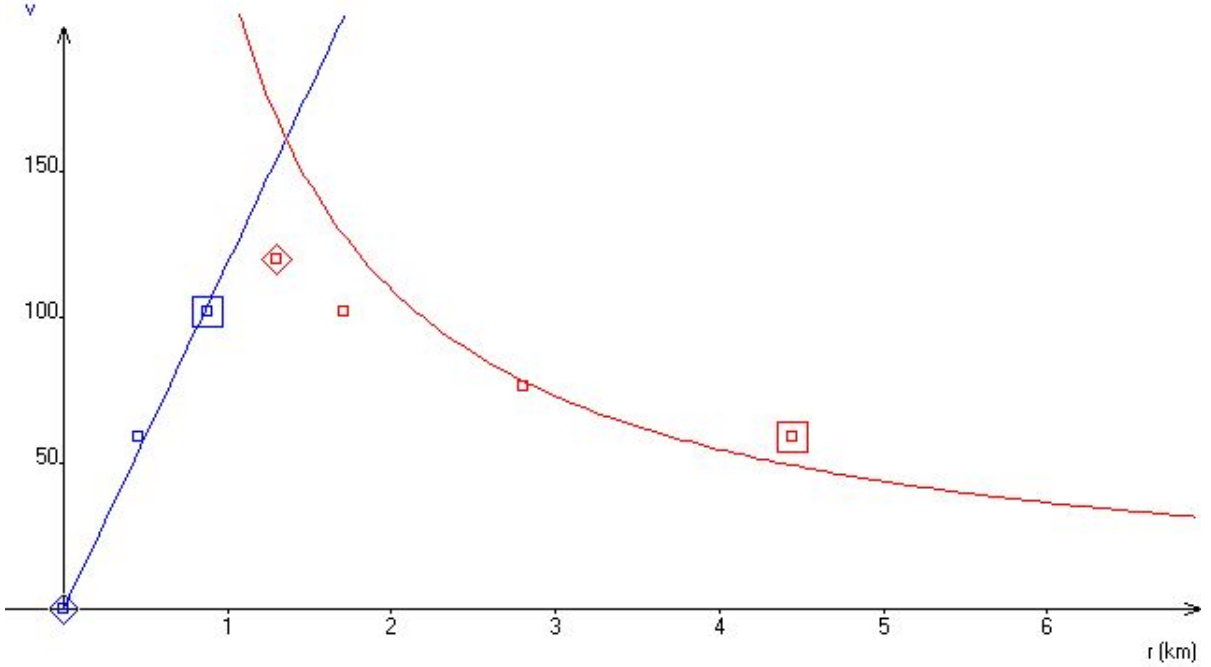
$$v_{max} = v\,(R) = R\,\Omega$$

Valider

– Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint).

$$\begin{cases} v_{max} = 120 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ R \approx 1 \text{ km} \\ \Rightarrow \Omega \approx 0,12 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} \end{cases}$$

– S'assurer que l'on a répondu à la question posée.



En guise de conclusion...

Qu'est-ce qu'une résolution de problème ?

Une résolution de problème n'est pas linéaire :

– la résolution par compétence ne correspond à rien de chronologique ;
– il existe plusieurs voies possibles ;
– certaines de ces voies ne sont pas toujours prévues par l'enseignant.

Quelles aides apporter à l'élève ?

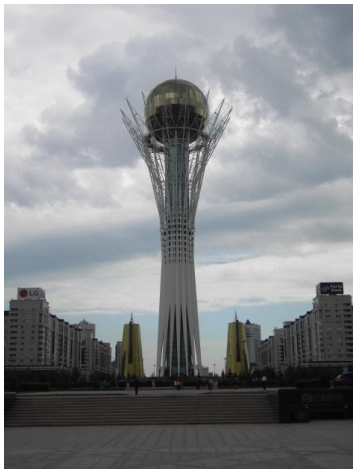
Les aides peuvent être :

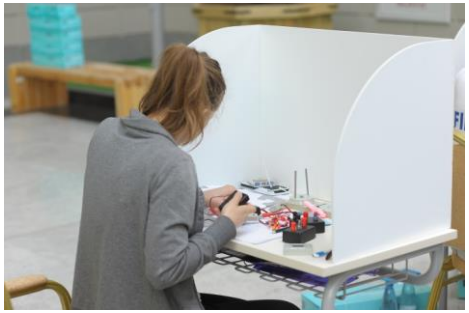
- des méthodes générales
  (cf. tableau de compétences du BO pour la RP) ;
- des questions préparées à l'avance pour débloquer l'élève
  (cf. aides des RP publiées dans le secondaire) ;
- une discussion avec l'élève
  (cf. situations présentées).

Comment évaluer la réussite à une résolution de problème ?

Pour éviter la violence du réussi/pas réussi :
on peut utiliser des indicateurs de réussite :
– cf. transparents précédents ;
– et cf. RP publiées dans le secondaire.

Olympiades Internationales de Physique
Astana, Kazakhstan



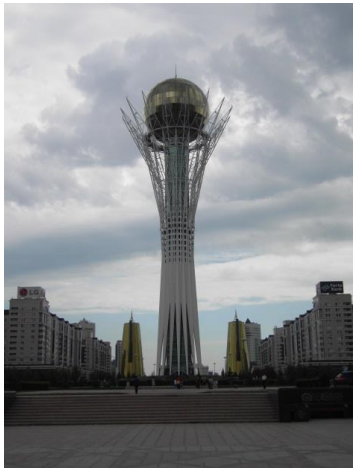


Sciences à l'École

le 3/11/14

Plan

- **Présentation des candidats**
- **Une épreuve théorique (trois parties) ; 30 points**
- **Une épreuve expérimentale ; 20 points**
- **Résultats**



45th IPhO 2014 Kazakhstan-Astana

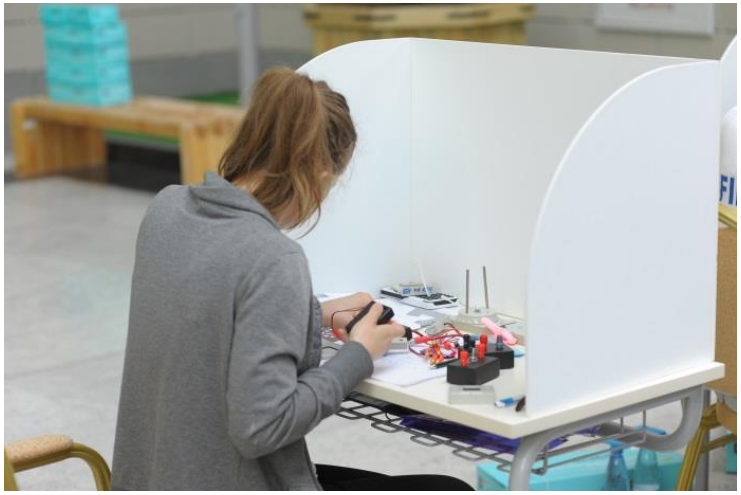
Sciences à l'École

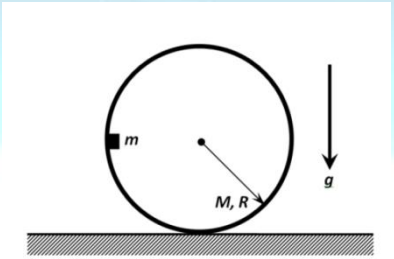
Blanka Balogh, Nicolas Roméo, Cyril Letrouit, Florentin Jaffredo, Ariane Gayout

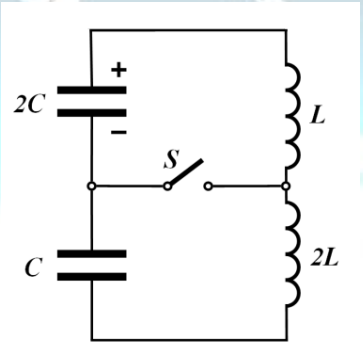
Sciences à l'École

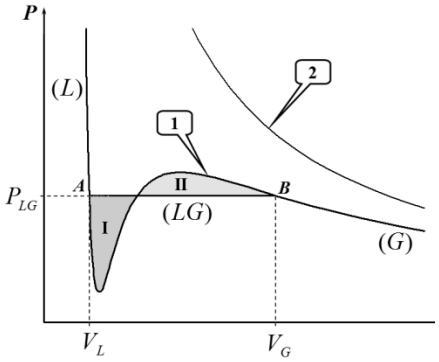
D. Obert, C. Brunel

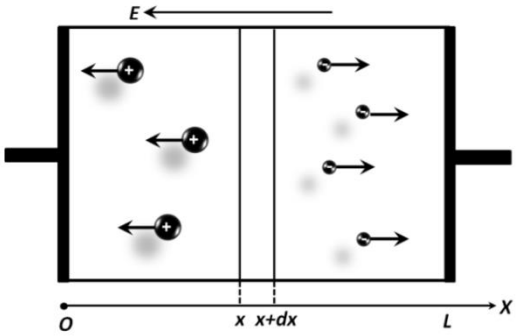
45th International Physics Olympiad
Astana, Kazakhstan, July 13-21, 2014
UNIT 3
ROW 01





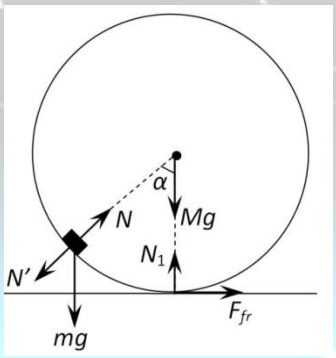




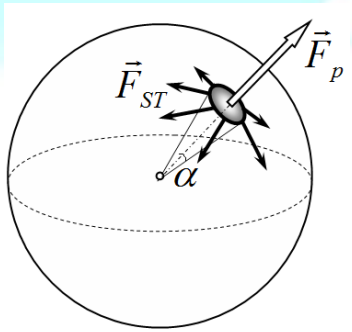


L'épreuve théorique

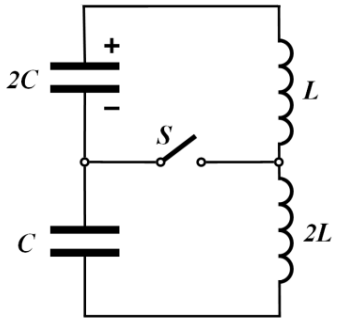
- **<u>Exercice 1</u> : Trouver la force d'interaction entre le palet et le cylindre quand le palet passe par le point le plus bas de sa trajectoire.**



- **<u>Exercice 2</u> : Trouver l'expression de la capacité thermique molaire du gaz contenu dans la bulle et l'expression de la pulsation des petites oscillations radiales de la bulle.**

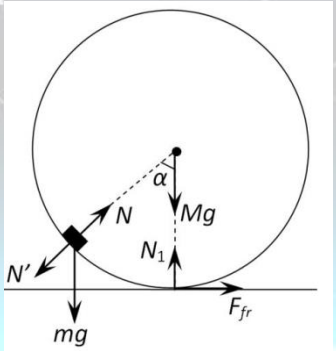


- **<u>Exercice 3</u> : Déterminer la valeur maximale atteinte par le courant traversant l'interrupteur S.**



Partie I

- **<u>Exercice 1</u> : Trouver la force d'interaction entre le palet et le cylindre quand le palet passe par le point le plus bas de sa trajectoire.**



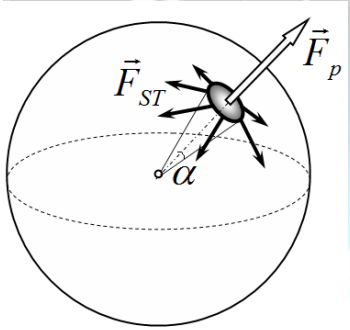
- **Calcul de la vitesse du palet/ref du cylindre et de la vitesse du cylindre au point le plus bas de la trajectoire**

- **Force d'interaction entre palet et cylindre :**

$$F = 3mg\left(1 + \frac{m}{3M}\right)$$

Partie I

- **<u>Exercice 2</u> : Trouver l'expression de la capacité thermique molaire du gaz contenu dans la bulle de savon et l'expression de la pulsation des petites oscillations radiales de la bulle.**



vide

- **Premier principe de de la thermodynamique :**

$$C = C_v + \frac{P}{n} dV/dT$$

- $\frac{dV}{dT} = \frac{3V}{2T}$ **et gaz diatomique** $C_v = \frac{5}{2}$**R on obtient :**

$$C = C_v + \frac{3}{2}\text{R} = 4\text{R}$$

- **Considère x augmentation du rayon de la bulle,** $m\ddot{x} = P'S - F_{surf}$ **où P' pression du gaz sur la surface du film**

- $\rho h\ddot{x} = -\frac{8\sigma}{r^2}$**x : équation d'oscillation de la membrane**

Partie I

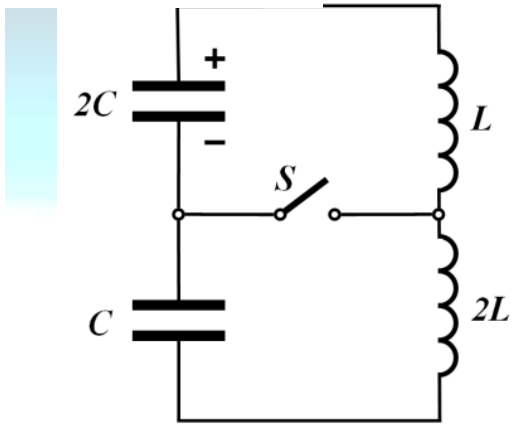
- **<u>Exercice 3</u> : Déterminer la valeur maximale atteinte par le courant traversant l'interrupteur S.**

Conditions initiales : interrupteur fermé quand le courant dans les bobines est maximum

Lois de conservation :

- **Avant fermeture : courant maximum dans le circuit : $I_0 = \frac{q_0}{3\sqrt{2LC}}$**
- **Après fermeture, courant maximum traversant l'interrupteur : $I_{max} = 3I_0 = \frac{q_0}{\sqrt{2LC}}$**

chargée



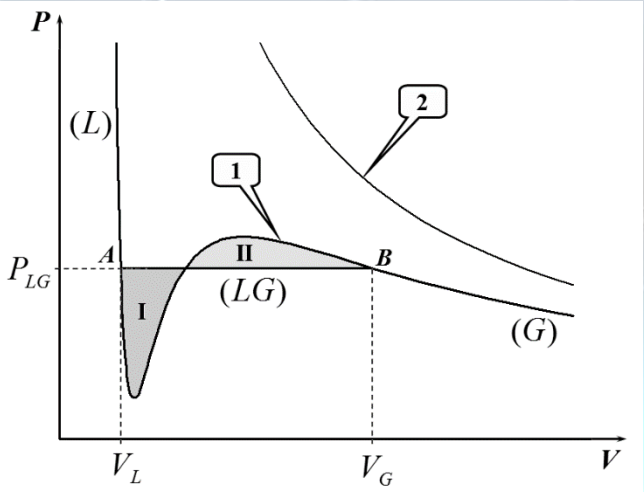
déchargée

Partie I

- **Partie A: Equation d'état d'un gaz non-idéal.**

$(P + \frac{a}{V^2})$(V-b)=RT,

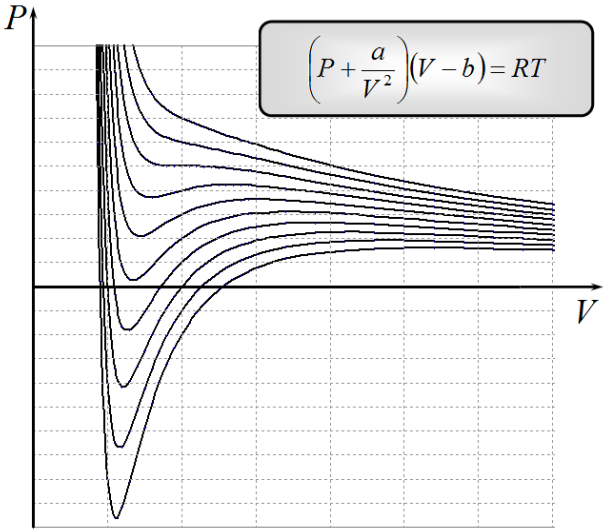
- **Expression des constantes de Van der Waals, cas de l'eau**



- **Partie B: Propriétés d'un mélange gaz/liquide :**

Etat gazeux ; $V_G \gg b$
Le gaz peut rester dans un état métastable jusqu'à ce que le volume du système soit égal à V_{Gmin}

- $\frac{V_G}{V_{Gmin}} = \frac{R^2T^2}{2aP_0}$



Etat liquide ; P≪ $\frac{a}{V^2}$

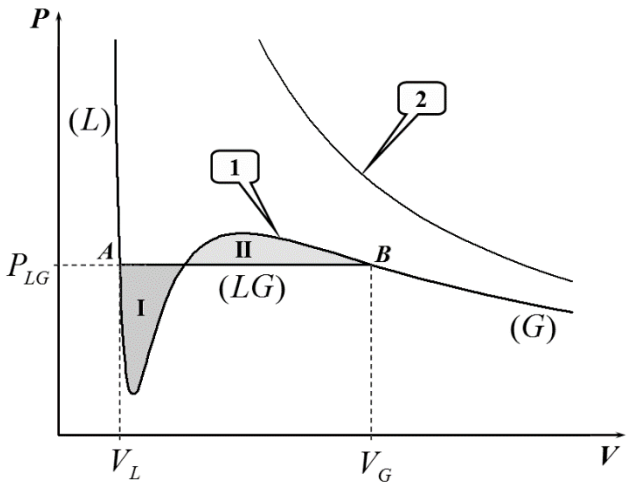
- **Calcul du volume d'une mole de liquide** $V_L = \frac{a}{2RT}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4bRT}{a}}\right) \approx b\left(1 + \frac{bRT}{a}\right)$
- **Calcul de la masse volumique**
- **Calcul de la chaleur latente de vaporisation**

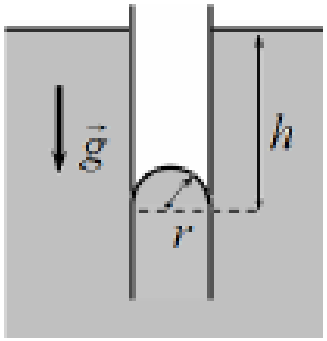
Partie II : Equation d'état de Van der Waals

- **<u>Partie C</u>: Mélange gaz/liquide : trouver la valeur de la pression de vapeur saturante**

Liquide non mouillant dans un capillaire

- **Equilibre des pressions**
- **Valeur de la pression de vapeur saturante au niveau de la surface courbée : $\Delta P_T = 2\sigma\rho_G/r\rho_L$**





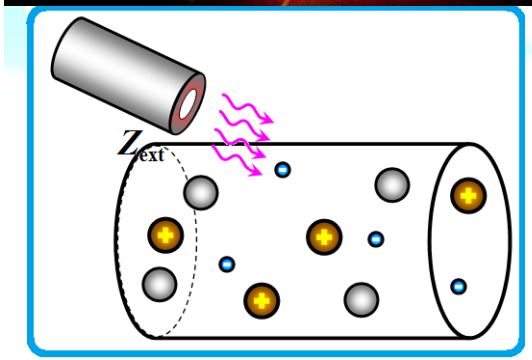
Partie II : Equation d'état de Van der Waals

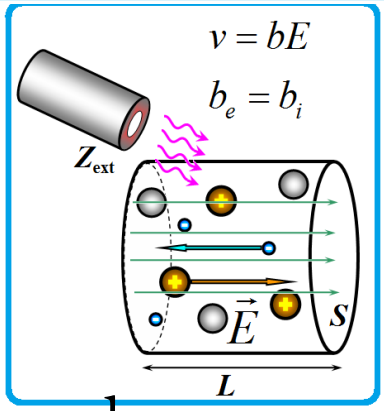
- **<u>Partie A</u>: Décharge dans un gaz non auto-entretenue.**
- **ioniseur externe crée Z_{ext} ions et Z_{ext} électrons par unité de volume et de temps.**

- **Z_{rec}= r$n_e n_i$ nombre recombinaisons ions/electrons par unité volume et de temps**

➢ **Détermination densité volumique d'électrons quand deux ioniseurs sont activés simultanément**

- Gaz contenu entre deux plaques auxquelles est appliqué une différence de potentiel U.





➢ **Courant dans le tube :**

$$I = \frac{e\beta^2 U^2 S}{rL^3}\left(\sqrt{1+\frac{4rZ_{ext}L^4}{\beta^2 U^2}}-1\right)$$

Partie III : modèle simple de décharge de gaz

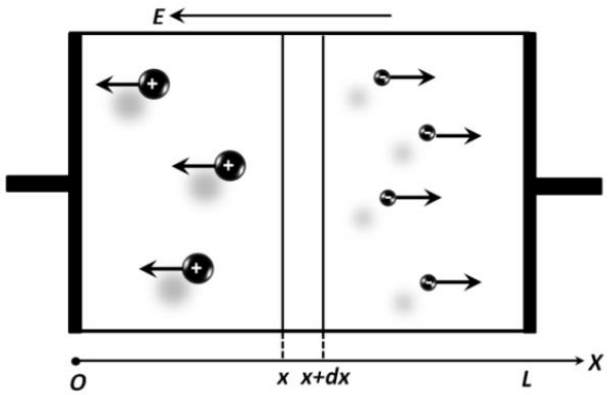
- **<u>Partie B</u>: Décharge dans un gaz auto-entretenue**

- Émission d'électrons secondaires

- **Avalanche électronique**

➢ **Estimation du courant total :**

$$I = I_e(x) + I_i(x) = \frac{eZ_{ext}S}{\alpha\left[e^{-\alpha L} - \frac{\gamma}{\gamma+1}\right]}$$

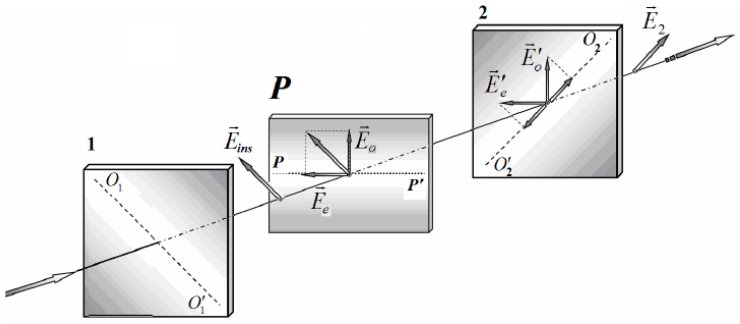


cathode anode

➢ **Si $L > L_{cr}$, la décharge est auto entretenue**

$$L_{cr} = \frac{1}{\alpha}\ln\left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$$

Partie III : Modèle simple de décharge de gaz



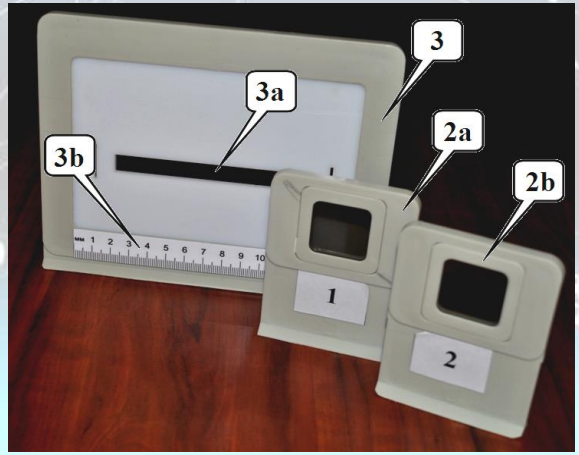
L’épreuve expérimentale

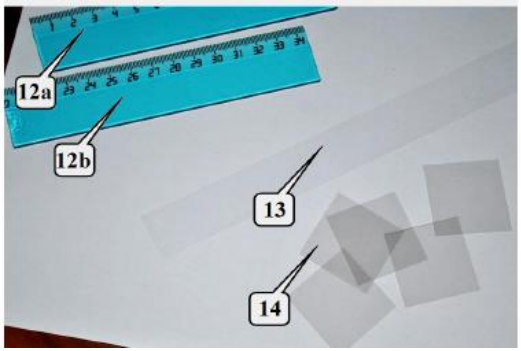
- **<u>Partie A</u>: Observation**

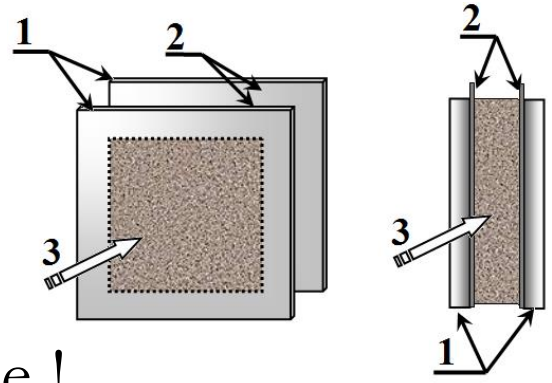
➢ **Axes polarisation de polariseurs,**

➢ **Direction des axes neutres d'un ruban flexible**

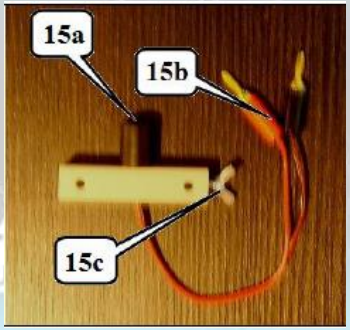
➢ **Direction des axes neutres de la cellule à cristaux liquides**







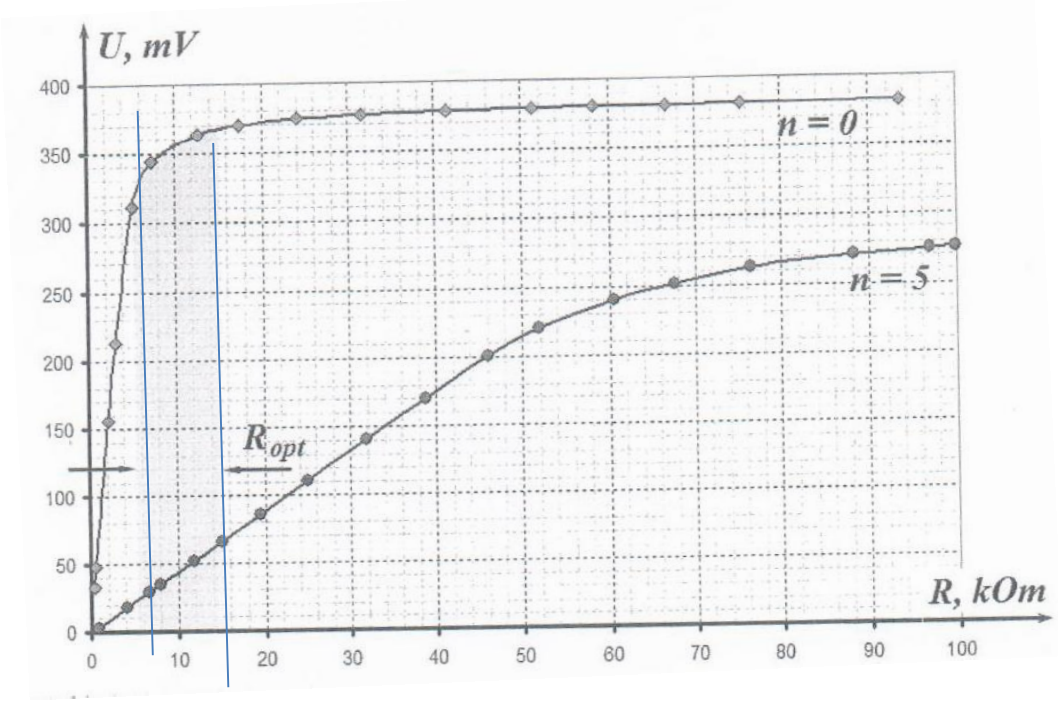
Voir l'invisible !

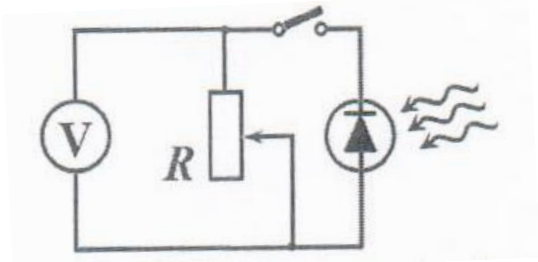


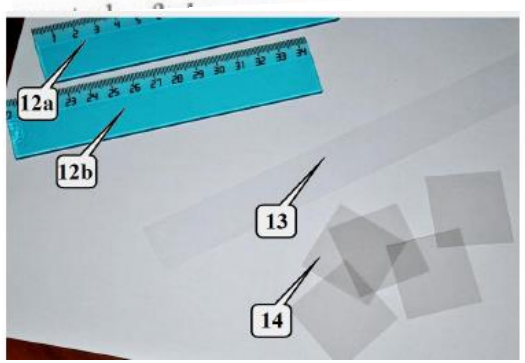
- **<u>Partie B</u>: Mesure**

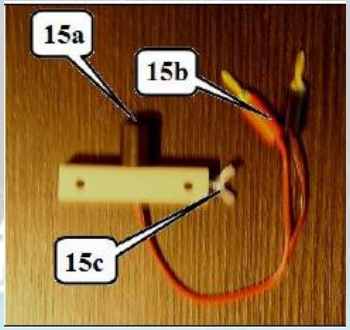
➢ **Etude d'une photodiode**

Objectif : déterminer la valeur optimale de la résistance de manière à ce que la tension aux bornes de la résistance soit proportionnelle à l'intensité de la lumière incidente sur la photodiode.



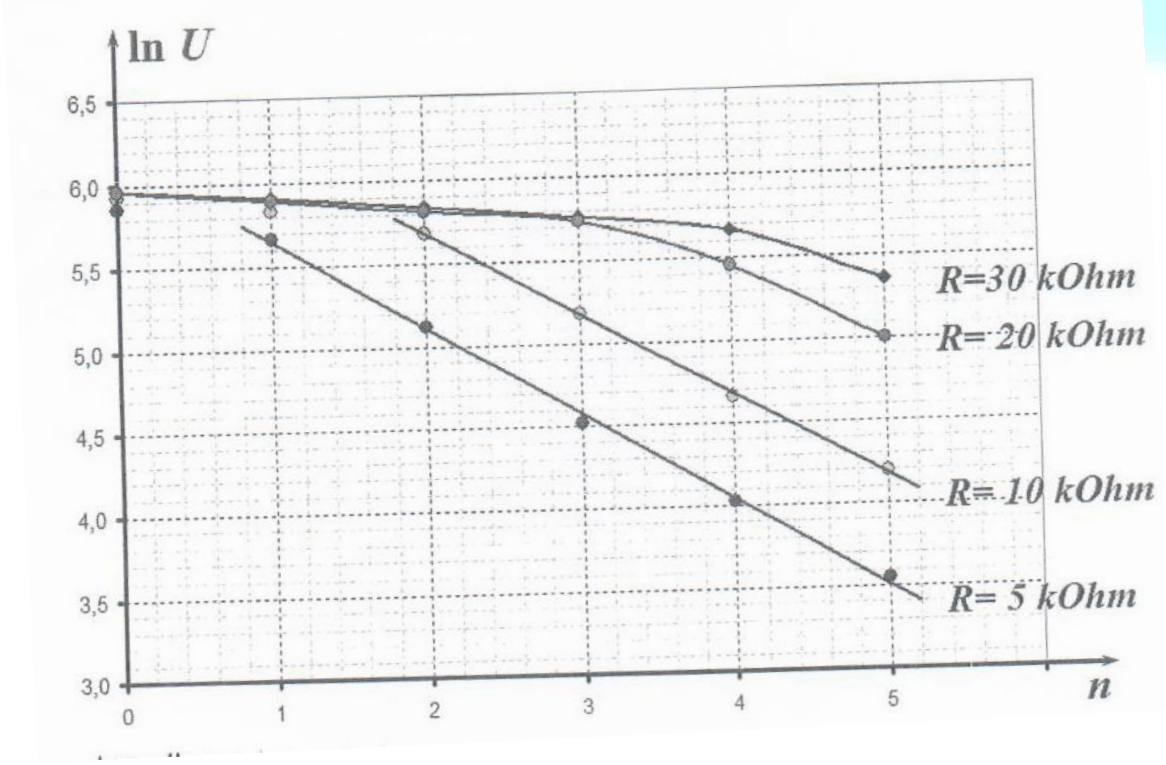


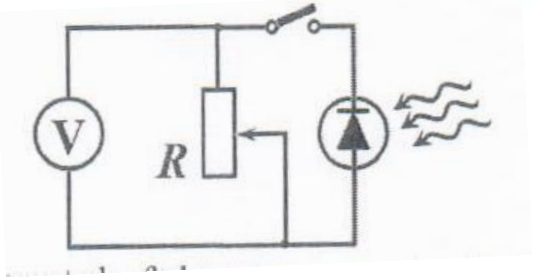




- **<u>Partie B</u>: Mesure**

➢ **γ transmission du filtre :** $\gamma = I_{tr}/I_{inc}$





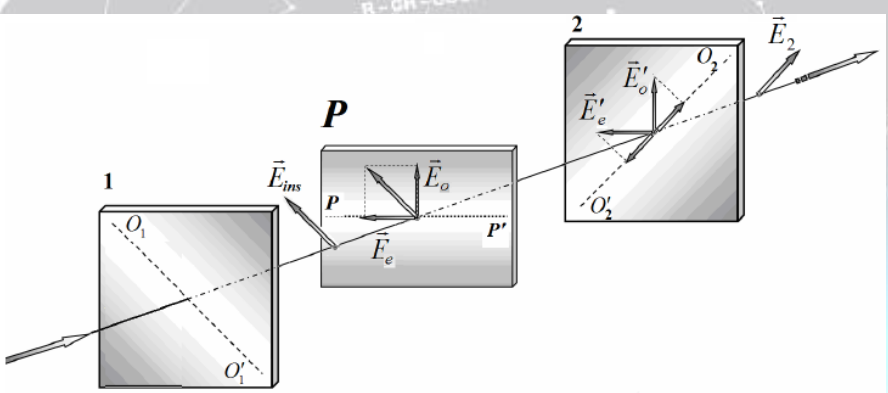
$$I_n = I_0\ \gamma^n$$

$$U_n = U_0\ \gamma^n$$

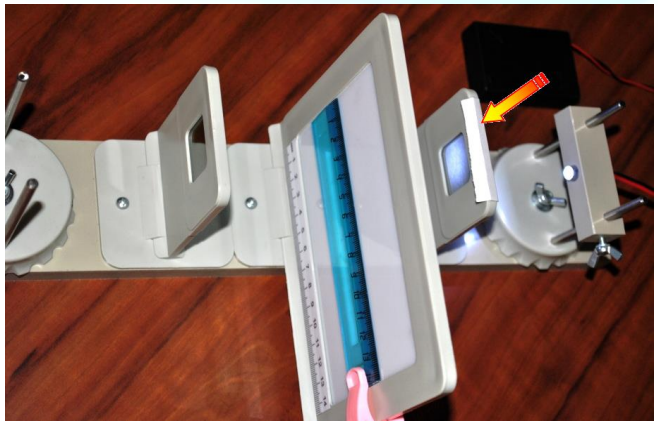
$$\gamma = 0.59 \pm 0.2$$

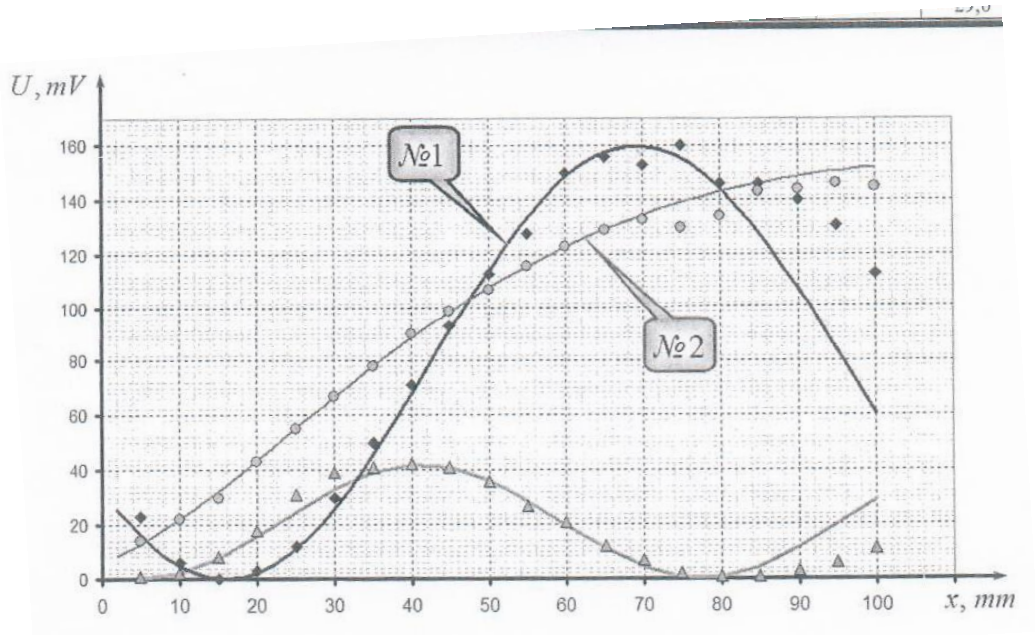
- **<u>Partie B</u>: Mesure**

➢ **Transmission de la lumière par la règle plastique**



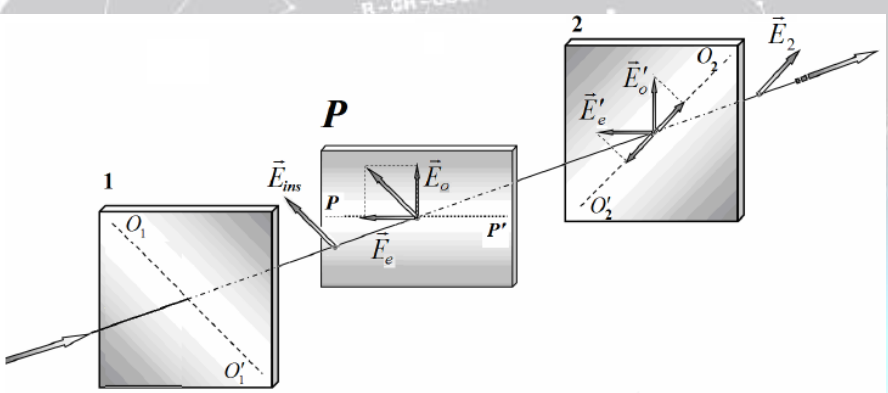
Intensité de la lumière transmise (en m*V*) en fonction de la coordonnée x du point d'incidence de la lumière sur les deux règles





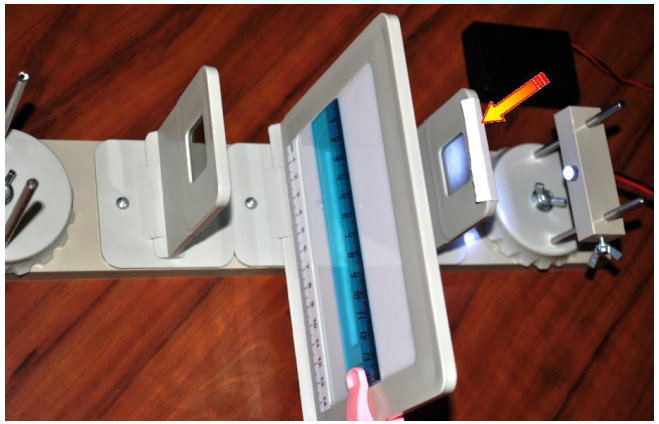
- **<u>Partie B</u>: Mesure**

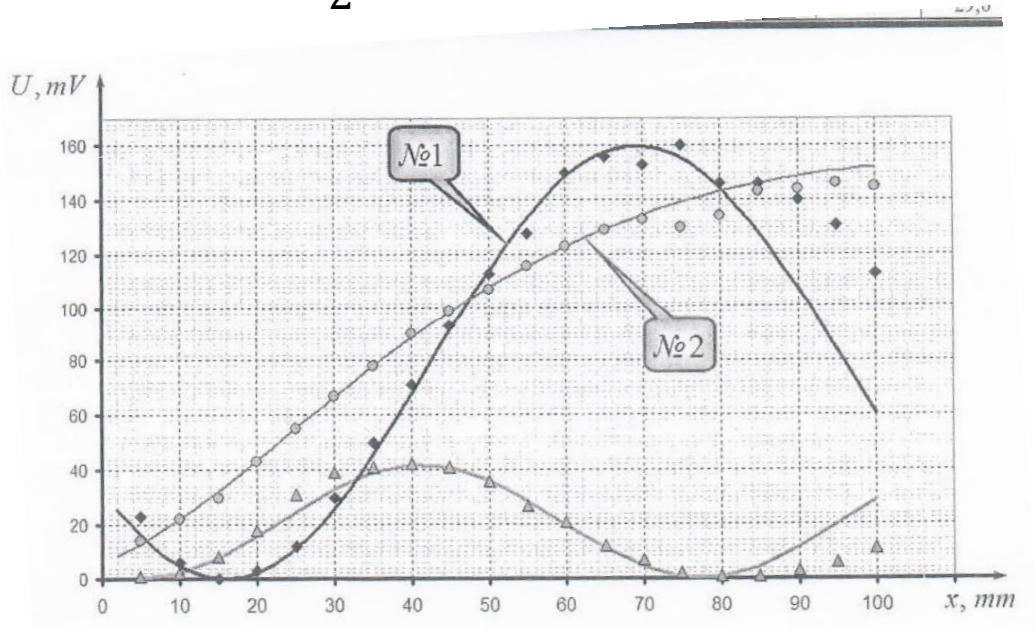
➢ **Variation de la biréfringence le long de la règle**



$\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$ **avec** $\Delta n = n_o - n_e$

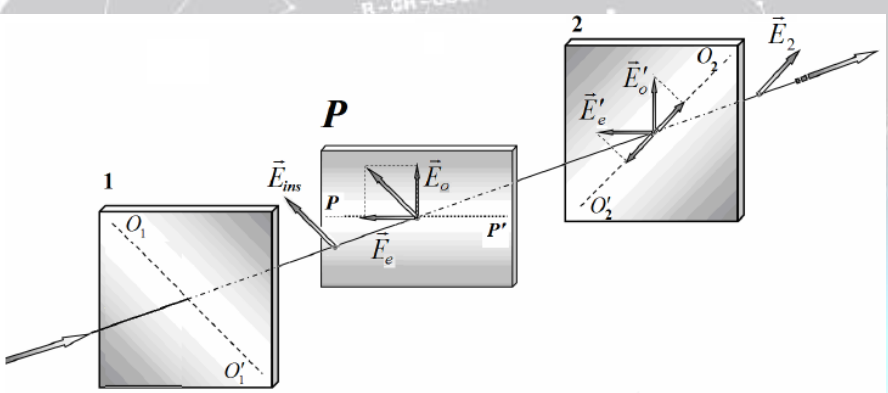
$$I_2 = kI_0 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}$$





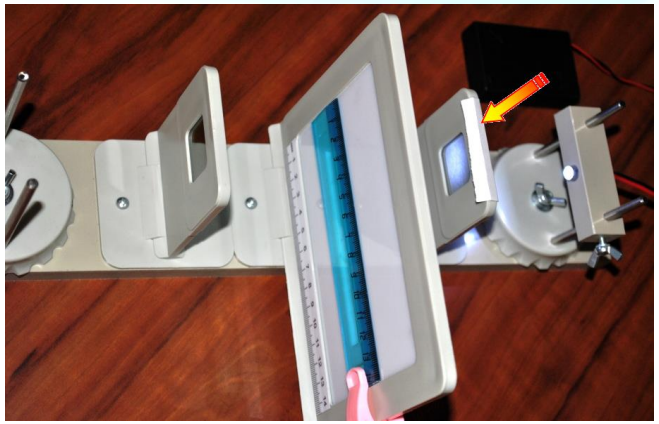
- **<u>Partie B</u>: Mesure**

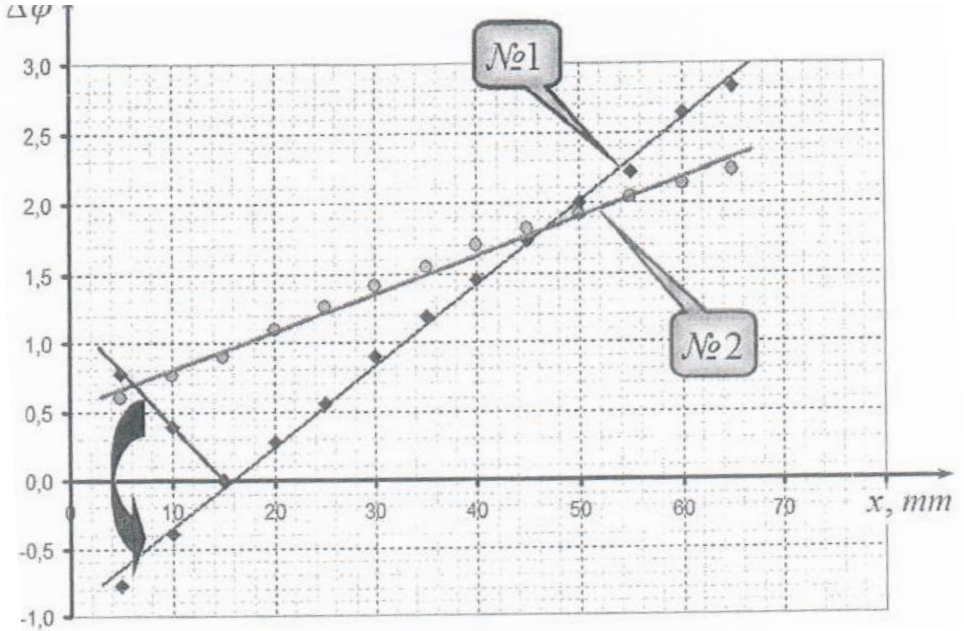
➢ **Variation de la biréfringence le long de la règle**



$\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$ **avec** $\Delta n = n_o - n_e$

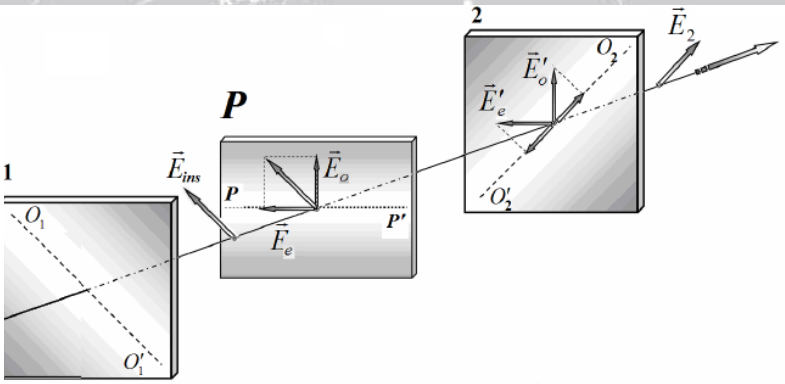
$$I_2 = kI_0 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}$$

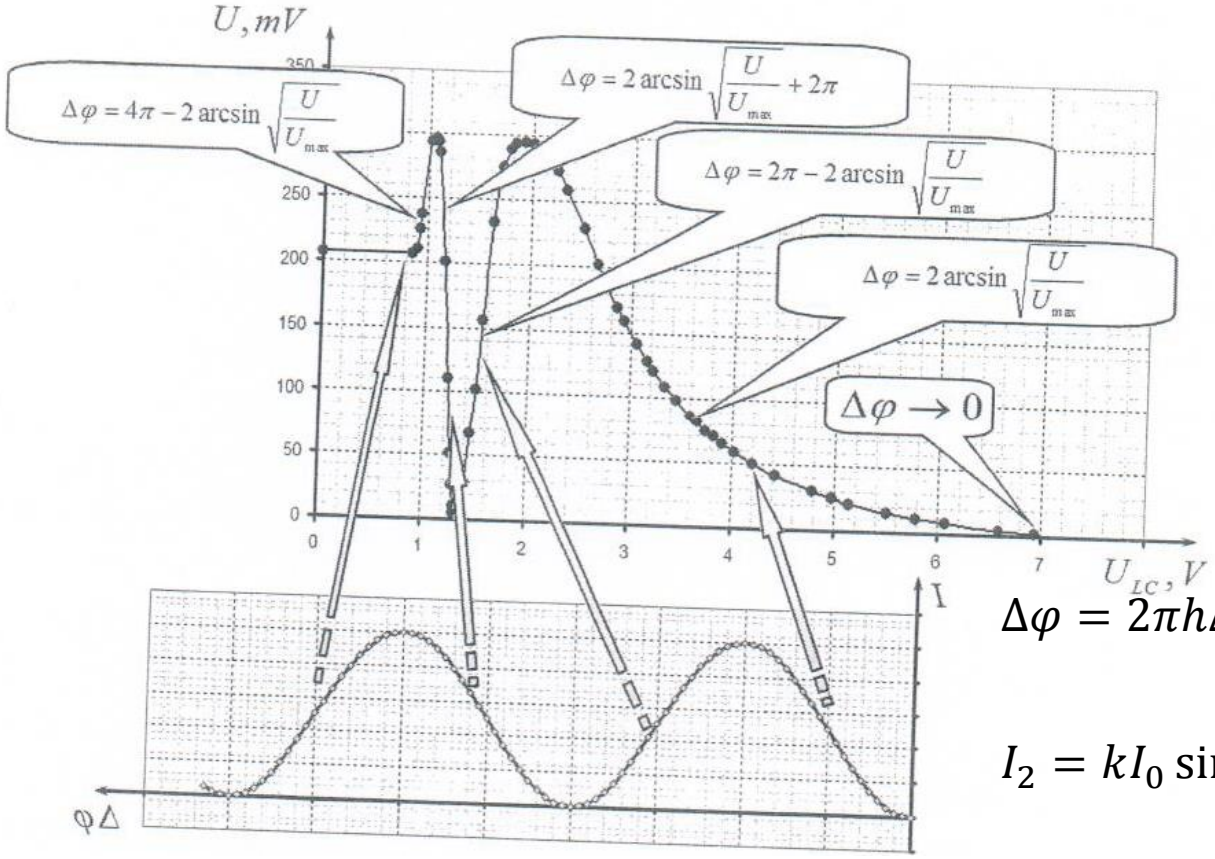


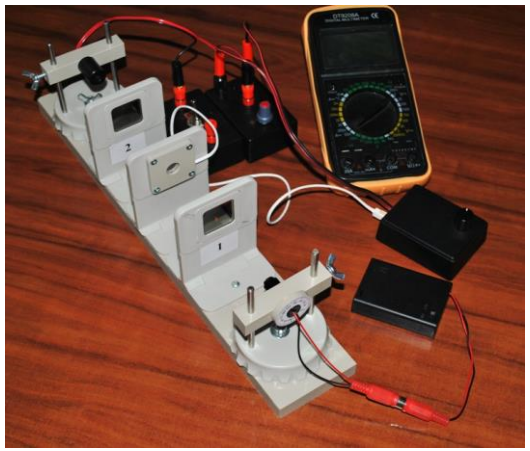


$$\Delta\varphi_1 = 0.059x - 0.94,$$
$$\Delta\varphi_2 = 0.028x + 0.52.$$

- **<u>Partie B</u>: Mesure**
- **Intensité de la lumière transmise en fonction de la tension appliquée à la cellule de cristal liquide**



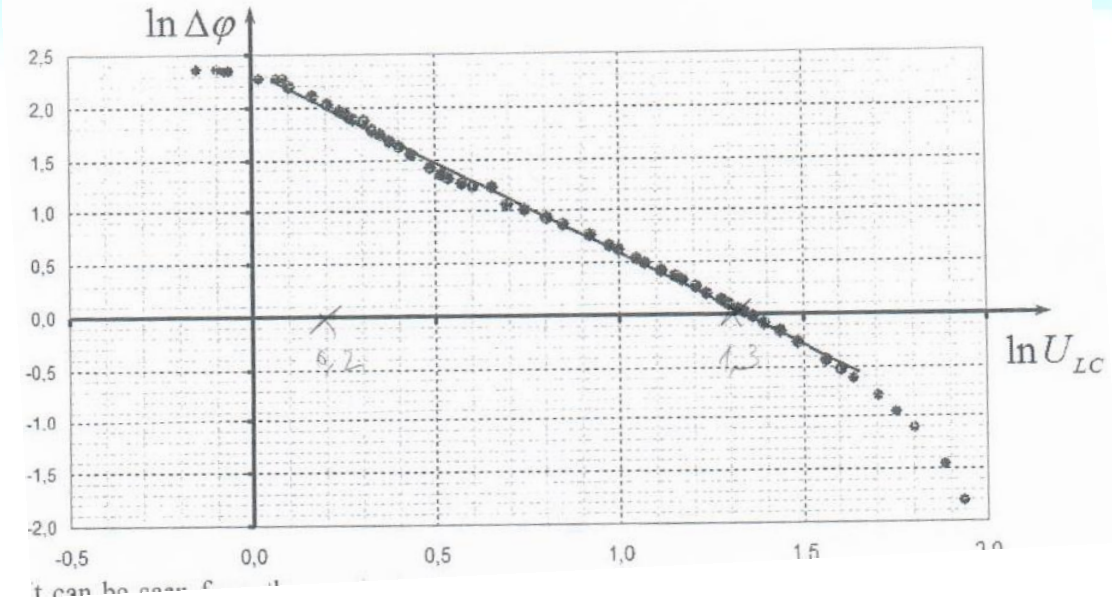


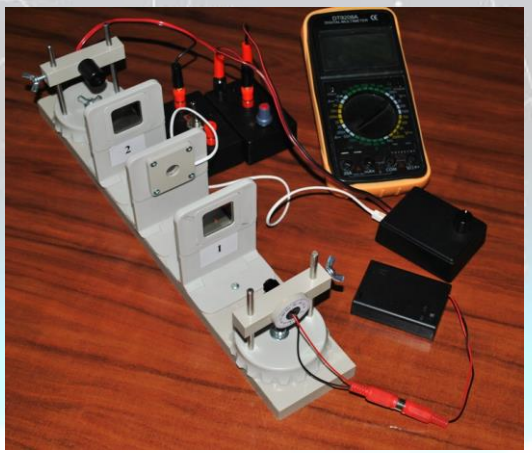


$\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$ **avec** $\Delta n = n_o - n_e$

$$I_2 = kI_0 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}$$

- **<u>Partie B</u>: Mesure**
- **Intensité de la lumière transmise en fonction de la tension appliquée à la cellule de cristal liquide**



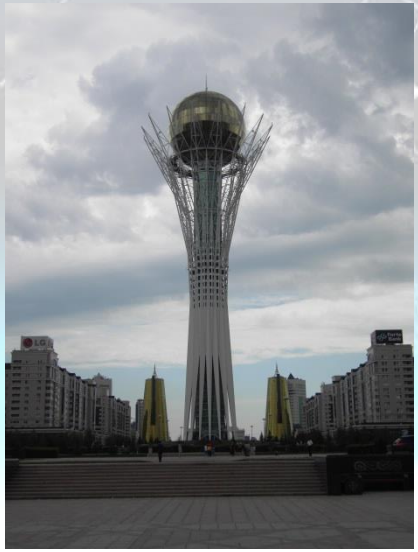


$\Delta\varphi = 2\pi h\Delta n/\lambda$ **avec** $\Delta n = n_o - n_e$

$$I_2 = kI_0 \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2}$$

$\Delta\varphi = CU^{\beta}$ **avec** $\boldsymbol{\beta}$**~1.75**

Les accompagnateurs



Astana

Etudiant	Th Final	Exp Final	TOT	Médaille	Classement
Blanca BALLOGH	3,2	3,9	7,1		
Ariane GAYOUT	4,4	5,5	9,9	MH	246
Florentin JAFFREDO	8,2	14	22	Ag	74
Cyril LETROUIT	11	8,4	19	Ag	112
Nicolas ROMEO	15	6	21	Ag	89
Mention	Seuil	Nombre			
Or	27	44			
Argent	18	82			
Bronze	13	86			
Mention Honorable	9,2	63			

Les résultats

Cérémonie de clôture

Le calendrier 2014-2015

20 mars 2015 : envoi des sujets aux responsables des centres de préparation

Mercredi 25 mars 2015 : épreuve de sélection écrite (date commune aux IChOs)

10 avril 2015 : publication des résultats – 24 élèves sont sélectionnés

Semaine (du 4 mai?) 2015 : stage expérimental aux ENS (Ulm et Cachan)

(8 mai 2015)? : publication du nom des 5 représentants de la délégation française de 2015

5-12 juillet 2015 : Compétition internationale à Mumbai, Inde précédée d'un stage valise de quelques jours

46th INTERNATIONAL PHYSICS OLYMPIAD 2015 MUMBAI - INDIA

Sciences à l'École